

Conference Proceedings, Published Version

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.)

Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extremereignisse. Kolloquium 16./17. Oktober 2012 in Koblenz

BfG-Veranstaltungen

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107640>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) (2013): Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extremereignisse. Kolloquium 16./17. Oktober 2012 in Koblenz. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG-Veranstaltungen, 1/2013).
http://doi.bafg.de/BfG/2013/Veranst1_2013.pdf.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

1/2013

Veranstaltungen

Kolloquium

**Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische
Extremereignisse**

16./17. Oktober 2012 in Koblenz

Koblenz, Februar 2013

Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: +49 (0)261 1306-0
Fax: +49 (0)261 1306 5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>

Druck: Druckerei Fuck, Koblenz

ISSN 1866 – 220X

DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2013.1

URL: http://doi.bafg.de/BfG/2013/Veranst1_2013.pdf

Zitiervorschlag:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Wissen was war ... – Rückblick auf hydrologische Extremereignisse. Kolloquium am 16./17. Oktober 2012 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2013, Koblenz, Februar 2013, 108 S.; DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2013.1
URL: http://doi.bafg.de/BfG/2013/Veranst1_2013.pdf

Inhalt

Einführung	4
„... und hat man mir glaubwürdig berichtet.“ – Anmerkungen zur Erfassung und Nutzung historischer Hoch- und Niedrigwasserinformationen	
Mathias Deutsch und Karl-Heinz Pörtge	5
Verbesserung der hydrologischen Datengrundlage an der Elbe: Das Projekt W-Q Elbe 1890	
Martin Helms, Robert Mikovec und Jürgen Ihringer.....	14
Historische Hochwasser in Prag: Vergleich der Rekonstruktionsmethoden	
Libor Elleder.....	24
Transnationale Hochwassergeschichte am südlichen Oberrhein	
Johannes Schönbein, Rüdiger Glaser, Iso Himmelsbach und Brice Martin	33
Unsicherheiten unseres Wissens über vergangene hydrologische Extremereignisse	
Manfred Mudelsee	41
Beobachtete Entwicklung extremer Niedrigwasserereignisse in Mitteleuropa	
Maria Larina und Peter Krahe	46
Niedrigwasserereignisse an der Elbe und ihre Bedeutung für den Ausbau des Flusses	
Petra Faulhaber	60
Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme – Ein Blick auf die letzten 100 Jahre	
Michael Heinz.....	69
Schwermetallkonzentrationen der Elbe in Magdeburg bei Extremereignissen	
Martina Baborowski	77
Chemisch-physikalische Wasseruntersuchungen zu hydrologischen Extremen der Elbe in Geschichte und Gegenwart	
Gerd Hübner und Daniel Schwandt	87
Leben mit dem Hochwasser und der Hochwasserschutzanlage – Dokumentation und Bewusstseinsbildung im Deichinformationszentrum Neuwied	
Francisco Romero	97

Einführung

Hoch- und Niedrigwasserereignisse begleiten unsere Geschichte. Ihr Verlauf und ihre Auswirkungen gaben Anlass zu schriftlichen, gegenständlichen und bildlichen Überlieferungen. Ein Rückblick auf hydrologische Extreme vergangener Jahrhunderte kann zum Verständnis aktueller Ereignisse beitragen und bildet eine wichtige Grundlage für ihre Einordnung.

Für das Studium des Ablaufs von außergewöhnlichen Hoch- und Niedrigwasserereignissen mit ihren Auswirkungen und Konsequenzen enthalten vor allem wasserwirtschaftliche Altunterlagen sowie die zeitgenössische Literatur eine Fülle von Informationen. Die bibliographische Dokumentation dieser Quellen ist Gegenstand eines gemeinsamen Projektes der BfG und der Universität Göttingen.

Im Mittelpunkt des Kolloquiums standen die hydrologischen Extremereignisse der vergangenen 200 Jahre an den großen Flüssen Mitteleuropas. Betrachtet wurden hydrometeorologische, quantitative und qualitative gewässerkundliche sowie sozio-ökonomische Aspekte. Die Datenlage und die Herangehensweise zur Analyse und Dokumentation extremer Hoch- und Niedrigwasserereignisse wurden ebenfalls thematisiert.

Die Veranstaltung richtete sich an gewässerkundlich und wasserhistorisch Interessierte, insbesondere an den mit Hoch- und Niedrigwasser beschäftigten Personenkreis aus Bund, Ländern, Kommunen und Forschungseinrichtungen.

„... und hat man mir glaubwürdig berichtet.“ – Anmerkungen zur Erfassung und Nutzung histo- rischer Hoch- und Niedrigwasserinformationen

Mathias Deutsch und Karl-Heinz Pörtge

1 Einleitung

In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten fanden im Rahmen wissenschaftlicher Studien neben schweren Hoch- und Niedrigwasserereignissen der jüngeren Vergangenheit (HW 1995, 1997, 2002 und NW 2003 etc.) zunehmend auch historisch-hydrologische Extreme ab ca. 1000 bis um 1900 Beachtung. Wie beispielsweise die Arbeiten von BARTL et al. (2009), BJARSCH et al. (2007), BRÁZDIL et al. (2005), DEUTSCH & PÖRTGE (2003), GLASER (2008), GRÜNEWALD (2006), HERGET (2012), HÜBNER et al. (2011), MUDELSEE et al. (2006), POHL (2004) und MUNZAR et al. (2008) verdeutlichen, ist mit der Ausweitung der Betrachtungen in historische Zeiträume vor dem Jahr 1900 trotz zahlreicher Restriktionen ein wesentlicher Erkenntnisgewinn u. a. hinsichtlich des Auftretens, der Häufigkeit und der Folgewirkungen herausragender Hoch- und Niedrigwasser verbunden.

In die Untersuchungen sollten Geographen, Historiker, Hydrologen, Meteorologen und Wasserbauingenieure einbezogen werden. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, dass Vertreter verschiedener Disziplinen ihr spezifisches Fachwissen und ihre praktischen Erfahrungen in die Projekte mit einbringen. Auf diese Weise lassen sich bei entsprechender Quellenlage historische Hoch- und Niedrigwasserangaben in Archiven, Bibliotheken, Museen etc. erfassen, quellenkritisch beurteilen und weiterverarbeiten. Wesentlich für den Erfolg derartiger Studien ist zudem die Bereitschaft aller Beteiligten, Grenzen des eigenen Fachgebietes zu überschreiten und zugleich grundlegende Festlegungen sowie methodische Ansätze der jeweiligen Projektpartner zu kennen bzw. zu respektieren. Hinsichtlich der Erhebung und Beurteilung historischer Hoch- und Niedrigwasserinformationen heißt das, beim Umgang mit Quellentexten bzw. Altdaten die von der Geschichtswissenschaft vorgegebenen Richtlinien zu beachten. Geschieht das nicht, so besteht die Gefahr, dass fehlerhafte und/oder unvollständige Informationen bzw. Datensätze Eingang in die Untersuchungen finden. In der Folge können dann die Arbeitsergebnisse auch bei einer sorgfältigen und fachlich korrekten Auswertung (u. a. mit Hilfe statistischer Computermodelle) nur fehlerhaft sein.

Obschon in verschiedenen Veröffentlichungen auf Fragen der Quellenkritik sowie auf Aspekte der Nutzung historischer Altunterlagen eingegangen wurde (vgl. u. a. DEUTSCH & PÖRTGE 2003, GLASER 2008 und zuletzt HERGET 2012), sind die Verfasser immer wieder überrascht, wie bei Studien zum historischen Hoch- und Niedrigwassergeschehen, in die keine Historiker involviert sind, mit dem Quellenmaterial umgegangen wird. So fanden u. a. bei einer Unter-

suchung extremer historischer Hochwasserereignisse im Einzugsgebiet der Elbe keinerlei Primärquellen Verwendung, obwohl in staatlichen und kommunalen Archiven äußerst umfangreiche Dokumente (darunter Augenzeugenberichte, Schreiben von Behörden etc.) lagern. Vielmehr wurden nur Druckwerke genutzt, die erst Jahre nach den Ereignissen erschienen sind. Auch hatte man regionale Chroniken und Kompilationen aus dem frühen 20. Jahrhundert herangezogen, die sich angeblich auf „*glaubwürdige Berichte*“ stützten. Der Quellenwert darf jedoch als gering eingeschätzt werden.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel des Beitrages, zunächst die für historische Hoch- und Niedrigwasseruntersuchungen nutzbaren Quellen kurz vorzustellen. Ferner soll auf wesentliche Aspekte der kritischen Bewertung und Nutzung historischer Quellen zum Hoch- und Niedrigwassergeschehen eingegangen werden.

2 Quellen zu historischen Hoch- und Niedrigwasserereignissen

Für die Analyse historischer Hoch- und Niedrigwasser stehen vor allem in Archiven und Bibliotheken sowie in musealen Sammlungen umfangreiche Bestände zur Verfügung (Abb. 1). Wichtige Quellen sind zeitgenössische Drucke und Handschriften (Abb. 2). Ferner liegen vor allem für extreme Hochwasserereignisse ab ca. 1800 zunehmend Karten und Pläne vor. Eingetragen sind i. d. R. Überschwemmungsflächen, aber auch Querprofile (häufig mit Eintragungen zu außergewöhnlich hohen oder niedrigen Wasserständen versehen). Ergänzend dazu sind in die Untersuchungen ortsfeste gegenständliche Quellen einzubeziehen. Dabei handelt es sich zum einen um Hochwassermarken bzw. Hochwassergedenksteine (Abb. 3). Sie sind oft an exponierten Stellen; so z. B. an Kirchen, Stadttoren und an den Frontseiten von Wohnhäusern, angebracht worden. Die Niedrigwasserzeichen sind oft auf sog. „Hungersteinen“ angebracht. Diese befinden sich i. d. R. im Gerinne und sind erst ab einem bestimmten niedrigen Wasserstand erkennbar (Abb. 4). Ferner sind für die Visualisierung historisch-hydrologischer Extremereignisse alte Abbildungen wie z. B. Gemälde, Stiche und Fotos von Bedeutung (Abb. 5).

gedruckte Quellen	handschriftliche Quellen	gegenständliche Quellen	Karten	Stiche, hist. Fotos
<ul style="list-style-type: none"> - Chroniken - Landesbeschreibungen - Flugschriften - Reiseberichte - Zeitungen etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chroniken - Tagebücher - Schreibkalender - Visitationsberichte - Steuersachen - Schadensberichte - Verwaltungsschreiben - Pegelbücher (ab 19. Jhr.) - wasserwirtschaftliche Unterlagen etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Hochwassermarken - Inschriften etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Karten von Überschwemmungsbereichen - Deichkarten - Flußkarten - Bauzeichnungen etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stadtansichten - Flußansichten - Flugschriften etc.

Abb. 1: Quellen zur Rekonstruktion historischer Hoch- und Niedrigwasser (aus DEUTSCH & PÖRTGE 2003)



Abb. 2: Deckblatt einer zeitgenössischen Druckschrift, die kurze Zeit nach dem schweren Hochwasser der Ilm (Thüringen) vom 5. Juni 1777 erschien (Sammlung M. Deutsch)



Abb. 3: Hochwassermarken an einem Wohnhaus in Halle/Saale (Foto: M. Deutsch)



Abb. 4:

Der sog. „Hungerstein“ in der Elbe bei
Dresden-Cotta
(Sammlung M. Deutsch)



Abb. 5:

Foto vom Hochwasser der Elbe im Juli
1897 in Dresden
(Sammlung M. Deutsch)

3 Anmerkungen zur Quellenkritik


Mit Verweis auf die eingangs erwähnte Notwendigkeit, alle Befunde zu historischen Hoch- und Niedrigwasserereignissen einer quellenkritischen Prüfung zu unterziehen, soll an dieser Stelle auf Grundzüge der Quellenkritik eingegangen werden.

Die Quellenkritik hat insbesondere die Aufgabe, „die Quellenaussagen auf ihren Wahrheitsgehalt und ihre hist. Glaubwürdigkeit zu prüfen.“ (FUCHS & RAAB 1986, 659). Es sind die Äußere und Innere Quellenkritik zu unterscheiden. Bei der Äußeren Quellenkritik (Abb. 6) muss zunächst geprüft werden, ob die Textgestalt glaubwürdig ist. Dabei stellen sich die Fragen nach der Provenienz, dem Autor und der Originalität. Die Innere Quellenkritik (Abb. 7) zielt darauf ab, die Glaubwürdigkeit der Aussagen festzustellen. Dabei wird der Standort des Verfassers – soweit möglich – bestimmt. Was wusste der Schreiber? War er Zeitgenosse oder sogar Augenzeuge eines Ereignisses (eines extremen Hoch- oder Niedrigwassers)? Ferner sind die Tendenzen des Verfassers zu ermitteln. Waren mit den Darstellungen Verfälschungen oder Akzentuierungen beabsichtigt? Was hat er berichten wollen – und was nicht?

Äußere Quellenkritik

(oder: Ist die Textgestalt glaubwürdig?)

2) Kritik an der Echtheit
Ist der genannte Autor
wirklich der Verfasser?
Ist der Text so erhalten
geblieben, wie er verfasst
wurde?
Gibt es Änderungen/
Zusätze/ Streichungen?



3) Kritik an der Originalität
Handelt es sich um
Informationen, die auf
eigenen
Beobachtungen/Erlebnissen
des Verfassers beruhen? –
Oder worauf stützt er sich?


1) Kritik an der Provenienz
Wer hat den Text wo/wann geschrieben?

Abb. 6: Schema zur Äußeren Quellenkritik (Entwurf: Deutsch & Pörtge)

Innere Quellenkritik

(oder: Ist die Quellenaussage glaubwürdig?)

2) Tendenz des Verfassers
Was hat er berichten wollen – was nicht?
(Stichworte: u. a. Verfälschung, Verzerrung, Akzentuierung des Sachverhalts usw.)



1) Standort des Verfassers
Was hat er wissen können?
Ist der Autor Zeitgenosse und/oder Augenzeuge?

Abb. 7: Schema zur Inneren Quellenkritik (Entwurf: Deutsch & Pörtge, u. a. nach Vorlagen in RAU 2005, 1)

4 Anmerkungen zu den Aussagen und zur Nutzung von Quellen zum historischen Hoch- und Niedrigwassergeschehen

Wie dargestellt, können für die Rekonstruktion historischer Hoch- und Niedrigwasser verschiedenste Quellen genutzt werden. Um hinlänglich genaue Aussagen über Einzelereignisse zu treffen, sollten bei den Recherchen möglichst alle erreichbaren Quellen berücksichtigt werden. Nur durch eine Materialkombination und sorgfältige Vergleiche lassen sich historische Quellen wechselseitig prüfen. Sofern umfangreiche und quellenkritisch gesicherte Informationen/Daten vorliegen, sind im Optimalfall über historische Hoch- bzw. Niedrigwasser folgende Aussagen möglich:

- > zum Ereignisdatum (Jahr, Monat, Tag)
- > zu den Ursachen (z. B. tagelanger Regen, plötzliche Schneeschmelze, anhaltende Trockenheit)
- > zum Zustand der Fließgewässer vor dem Ereignis (z. B. Eisbedeckung, sehr hoher/niedriger Pegelstand vor dem eigentlichen Hoch- oder Niedrigwasserereignis)
- > zum Ereignisverlauf (z. B. zum Zeitpunkt, wann der Fluss ausgefert ist, wann der höchste/der niedrigste Wasserstand erreicht wurde etc.)
- > zum Ausmaß der Überschwemmungen
- > zu den Folgewirkungen (z. B. Schäden und Verluste durch Hochwasser)

Darüber hinaus lassen sich anhand der Quellen auch Informationen über staatliche Aktionen und Reaktionen angesichts extremer hydrologischer Ereignisse ermitteln, was hier aber nicht Gegenstand der Betrachtungen ist.

Hieraus ergeben sich u. a. folgende Nutzungsmöglichkeiten – und zwar für:

- > die Forschung (I): Einbindung der Daten/Informationen in Untersuchungen zur langfristigen Entwicklung des Hoch- und Niedrigwassergeschehens an einem Fluss/in einem Stromgebiet
- > die Forschung (II): Einbindung der Daten/Informationen in Untersuchungen zum Auftreten herausragender, sehr seltener Hoch- und Niedrigwasser
- > die Wasserwirtschaft: Nutzung wasserwirtschaftlicher Altunterlagen bzw. Quellenbestände für aktuelle Arbeiten zur Erstellung von Gefahrenplänen (Ausweisung potenziell überschwemmungsgefährdeter Gebiete etc.)
- > die Öffentlichkeitsarbeit/Hochwasserbewusstseinsbildung: Nutzung von historischen Informationen sowie von Bildmaterial, um u. a. auf Flyern, Informationstafeln etc. auf tatsächlich abgelaufene extreme Ereignisse und damit auf mögliche Gefahren hinzuweisen (Steigerung des privaten Hochwasservorsorge-Verhaltens)

5 Schlussbemerkungen

Für die Untersuchung historischer Hoch- und Niedrigwasserereignisse liegen insbesondere in den Archiven und Bibliotheken sehr umfangreiche, bislang aber nur ansatzweise erfasste Quellenbestände vor.

Das Quellenmaterial ist äußerst heterogen und sollte in jedem Fall vor der weiteren Nutzung kritisch geprüft werden. Dabei sind die in der Geschichtswissenschaft genutzten Ansätze der Äußeren und Inneren Quellenkritik zu nutzen.

Soweit möglich, sollten für die Arbeiten primäre Quellen herangezogen werden. Hierbei handelt es sich u. a. um Handschriften sowie um zeitgenössische Drucke. Jahre oder Jahrzehnte nach einem hydrologischen Extremereignis verfasste Schriften sind nur in Ausnahmefällen heranzuziehen.

Im Rahmen von Forschungsvorhaben zu historischen Hoch- und Niedrigwasserereignissen sollten Vertreter der Geistes-, Natur- und Ingenieurwissenschaften zusammenarbeiten.

Bei entsprechenden Überlieferungen ermöglicht die Auswertung umfassender Quellenbestände relativ genaue Aussagen zu den Ursachen, zum Verlauf und zu den Folgewirkungen historisch-hydrologischer Extremereignisse.

Hinlänglich gesicherte historische Daten/Informationen sind u. a. im Rahmen von Forschungsvorhaben zum langfristigen Verhalten des Hoch- und Niedrigwassergeschehens, für aktuelle wasserwirtschaftliche Arbeiten und für die Hochwasserbewusstseinsbildung nutzbar.

Danksagung

Die Ausführungen stützen sich auch auf Forschungsergebnisse, die im Rahmen des laufenden Verbundprojekts mit der BfG Koblenz („*Wegweiser zum Studium hydrologischer Extremereignisse an der Elbe und Oder*“) gewonnen werden konnten. Die Verfasser danken für die Finanzierung und die fachliche Unterstützung durch die BfG.

Literatur

- BARTL, S., S. SCHÜMBERG, M. DEUTSCH (2009): Revising time series of the Elbe river discharge for flood frequency determination at gauge Dresden, Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, pp. 1805-1814.
- BJARSCH, J., K. THÜRMER, M. DEUTSCH (2007): Langzeitauswertung der täglichen Wasserstände und Abflüsse an den Unstrutpegeln Sachsenburg und Oldisleben seit dem Beginn der Wasserstandsmessungen 1817 bis 2005, Von der cura aquarum bis zur EU-Wasserrahmenrichtlinie. Fünf Jahre DWhG, Schriftenreihe der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e. V. (DWhG), Bd. 11, 2. Halbband, S. 377-398, Siegburg.
- BRÁZDIL, R. et al. (2005): Historical and recent floods in the Czech Republic, History of weather and climate in the Czech Lands, vol. VII, Brno-Prague.
- DEUTSCH, M., K.-H. PÖRTGE (2003): Hochwasserereignisse in Thüringen, Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Nr. 63, 2. Auflage, Jena.
- FUCHS, K., H. RAAB (1987): dtv-Wörterbuch zu Geschichte, Bd. 2, 6. bearbeitete und erweiterte Auflage, Hannover.
- GLASER, R. (2008): Klimageschichte Mitteleuropas, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Darmstadt.
- GRÜNEWALD, U. (2006): Extreme hydro(meteoro-)logische Ereignisse im Elbegebiet, Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, H. 3-4, S. 27-34, Wien.

- HERGET, J. (2012): Am Anfang war die Sintflut, Darmstadt.
- HÜBNER, G., D. SCHWANDT, M. DEUTSCH, K.-H. PÖRTGE (2011): Das Niedrigwasser der Elbe im Jahr 1911, Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, H. 5, S. 285-287.
- MUDELSEE, M., M. DEUTSCH, M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF (2006): Trends in flood risk of the river Werra (Germany) over the past 500 years, Hydrological Sciences Journal – des Sciences Hydrologiques, vol. 51 (5), Special issue: Historical Hydrology, pp. 818-833.
- MUNZAR, J., S. ONDRÁČEK, L. ELLEDER, K. SAWICKI (2008): Disastrous floods in the Central Europe at the end of July 1897 and the lessons learnt, Moravian Geographical Reports, vol. 16, pp. 27-40, Brno.
- POHL, R. (2004): Historische Hochwasser aus dem Erzgebirge, Wasserbauliche Mitteilungen, H. 28, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, TU Dresden.
- RAU, S. (2005): Merkblatt zur Quellenkritik und Quelleninterpretation, TU Dresden, Philosophische Fakultät, Institut für Geschichte, 2 S.



Kontakt:

Dr. Mathias Deutsch

Universität Göttingen

Geographisches Institut

Goldschmidtstraße 5

37077 Göttingen

Tel.: 0551/ 39 80 01

E-Mail: amdeutsch@arcor.de

Jahrgang: 1965

1988-1994

Studium der Geschichte, Historischen Hilfswissenschaften und Prähistorischen Archäologie an der Universität Halle-Wittenberg

seit 3/1994

wissenschaftlicher Mitarbeiter, u. a. an den Universitäten Erfurt, Cottbus und Göttingen

2007

Promotion, Universität Göttingen

Projektbearbeitung (Auswahl):

1998-2000: BMBF-Projekt: *Klimaänderungen und Klimaschwankungen in Auswertung geostratigraphischer und siedlungsarchäologischer Befunde*

2008-2011: DFG-Projekt: *Erschließung der Weikinn'schen Quellensammlung zur Witterungsgeschichte Mitteleuropas*

2010-2013: Verbundprojekt mit der BfG Koblenz: *Wegweiser zum Studium hydrologischer Extremereignisse an der Elbe und Oder*



Kontakt:

Prof. Dr. Karl-Heinz Pörtge

Universität Göttingen

Geographisches Institut

Goldschmidtstraße 5

37077 Göttingen

Tel.: 0551/ 39 80 34

E-Mail: kpoertg@gwdg.de

Jahrgang: 1946

1968-1973

Studium der Geographie, Universität Göttingen

seit 5/1973

wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Göttingen

1979

Promotion, Universität Göttingen

1996

Habilitation, Universität Göttingen

2000

apl. Professor, Universität Göttingen

Projektbearbeitung (aktuell):

2010-2013: Verbundprojekt mit der BfG Koblenz: *Wegweiser zum Studium hydrologischer Extremereignisse an der Elbe und Oder*

Verbesserung der hydrologischen Datengrundlage an der Elbe: Das Projekt W-Q Elbe 1890

Martin Helms, Robert Mikovec und Jürgen Ihringer

1 Einleitung

Wasserwirtschaftliche Planungen an der Elbe, z. B. zur Ableitung des Bemessungshochwassers oder des Gleichwertigen Wasserstands, erfordern langfristig konsistente tägliche Abflussreihen auf Grundlage zutreffender und hinreichend häufig aktualisierter Abflusskurven an den Elbepegeln. Diese Voraussetzung war im Bereich des deutschen Elbelaufs bis vor kurzem nicht zufriedenstellend erfüllt. Neben fehlenden Abflussreihen einiger Elbepegel bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts ergaben sich Probleme durch fehlerhafte oder nicht ausreichend differenzierte Abflusskurven, die den vielfältigen Entwicklungen im Gerinne und im Vorland der Elbe seit Ende des 19. Jahrhunderts nicht gerecht wurden. In dem im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde am Karlsruher Institut für Technologie bearbeiteten Projekt „W-Q Elbe 1890“ wurden daher unter Anwendung hydrologischer Methoden die bisher genutzten Abflusskurven aller deutschen Elbepegel einer kritischen Prüfung unterzogen und ggf. plausibilisiert. Bisher fehlende Abflusskurven wurden zudem rekonstruiert. Insgesamt konnten die Abflusskurven sowie daraus berechnete tägliche Abflussreihen aller deutschen Elbepegel zwischen Dresden und Neu Darchau (siehe Abb. 1) im Zeitraum 1890-2006 in einem plausiblen Gesamtbild abgeleitet werden.



Abb. 1: Elbelauf im deutschen Bereich mit wichtigsten Zuflüssen und untersuchten Pegeln.

2 Methodik

Um bisher gültige Abflusskurven und tägliche Abflussreihen kritisch zu bewerten und ggf. zu plausibilisieren und um bisher nicht verfügbare Abflusskurven und -reihen neu abzuleiten, wurden Simulations- und diagnostische Methoden angewandt. Es wurde zunächst der Zeitraum 1971-2006 mit relativ gut abgesicherter Informationsgrundlage untersucht. Die für diesen Zeitraum gewonnenen Erkenntnisse waren eine wertvolle Referenz, um anschließend den Zeitraum 1890-1970 mit eingeschränkter und unsicherer Informationslage einzubeziehen.

Bisher angewandte oder neu abgeleitete Abflusskurven für einen Gültigkeitszeitraum (GZR) konnten in einem diagnostischen Wasserstand-Abfluss-(W-Q-)Diagramm zusammen mit Abflusskurven zeitlich benachbarter GZR aufgetragen werden (s. Abb. 2). Eine zusätzliche Auftragung der im GZR durchgeführten (direkten) Abflussmessungen gab Aufschlüsse über die Eignung und ggf. notwendige Änderungen der Abflusskurve bzw. ihrer Segmente.

Eine weitere Methode war die von oberliegenden Pegeln ausgehende Simulation des Wellenablaufs in der Elbe und ihren wichtigsten Nebenflüssen mit einem Translations-Diffusions-Modell (HELMS et al. 2002). Die anschließende Diagnose an unterliegenden Pegeln umfasste Streudiagramme mit beobachteten (aus Wasserständen und Abflusskurven berechneten) gegenüber simulierten Abflusswerten. Auch Differenzganglinien (beobachtete minus simulierte Abflüsse) gaben zeitdifferenzierte Hinweise zur Güte von Abflusskurven. Diese Diagnostik wurde in allen Abflussbereichen eingesetzt, bei extremen Hochwasser-(HW-)Abflüssen ggf. mit Berücksichtigung spezifischer Retentionseffekte in der Interpretation.

Weitere Hinweise lieferten Bilanzierungen von Füllen einzelner Abflussereignisse an benachbarten Pegeln sowie Längsschnittentwicklungen statistischer HW-Abflusskenngrößen.

Falls die Diagnose die Notwendigkeit zeigte, wurden Abflusskurven bzw. ihre Segmente modifiziert. Die Modifikationen wurden über Verschiebung der Segmente parallel zur Wasserstands- oder Abflussachse, durch Rekombination von oder Interpolation zwischen Segmenten verschiedener GZR, durch Neuberechnung der Segmente als Ausgleichsfunktion von Abflussmessungen oder – wenn nicht anders möglich – durch Segmentverformung realisiert. Diese Elementarmodifikationen wurden je nach Bedarf auch miteinander kombiniert.

3 Ergebnisse der Überarbeitung der Abflusskurven und -reihen

Es werden ausgewählte Aspekte der Überarbeitung der Abflusskurven der Elbe betrachtet.

3.1 Zeitweise starke Dynamik der Abflusskurven

Das umfassendste Problem bei der Überarbeitung der Abflusskurven der Elbepegel war ihre v. a. durch Sohlerosion bedingte, zeitweise starke Dynamik mit zunehmender Abflusskapazität. Besonders ihre Niedrigwasser-(NW-)Segmente waren relativ stark betroffen. Es gab jedoch auch Phasen mit stabiler oder gegenläufiger Entwicklung der Abflusskurven (s. Abb. 2 für Pegel Dresden). Der zeitweise dynamischen und unregelmäßigen Entwicklung der Abflusskurven steht ein zeit- und abflussbereichsweiser Mangel an Abflussmessungen gegenüber (siehe z. B. Abb. 2), so dass sich anhand dieser die Entwicklung der Abflusskurven pro einzeltem Pegel nicht kontinuierlich belegen lässt. Hinzu kommt eine zum Teil hohe Unsicherheit direkter Abflussmessungen, v. a. im NW- und im HW-Bereich sowie im historischen Zeitbereich, jedoch auch bei den ersten ADCP-Messungen der jüngeren Vergangenheit. Zur

begründeten Erfassung der dynamischen Abflusskurvenentwicklungen ist daher ein pegel-
übergreifender Ansatz unter Verwendung von Simulationen und abgestimmten Diagnosever-
fahren notwendig (s. Kap. 2). Dabei war auch das Problem zu beseitigen, dass in der Vergan-
genheit notwendige, jedoch zu spät festgestellte Änderungen der Abflusskurve teilweise nicht
rückwirkend, sondern nur ab dem Feststellungszeitpunkt vorgenommen wurden.

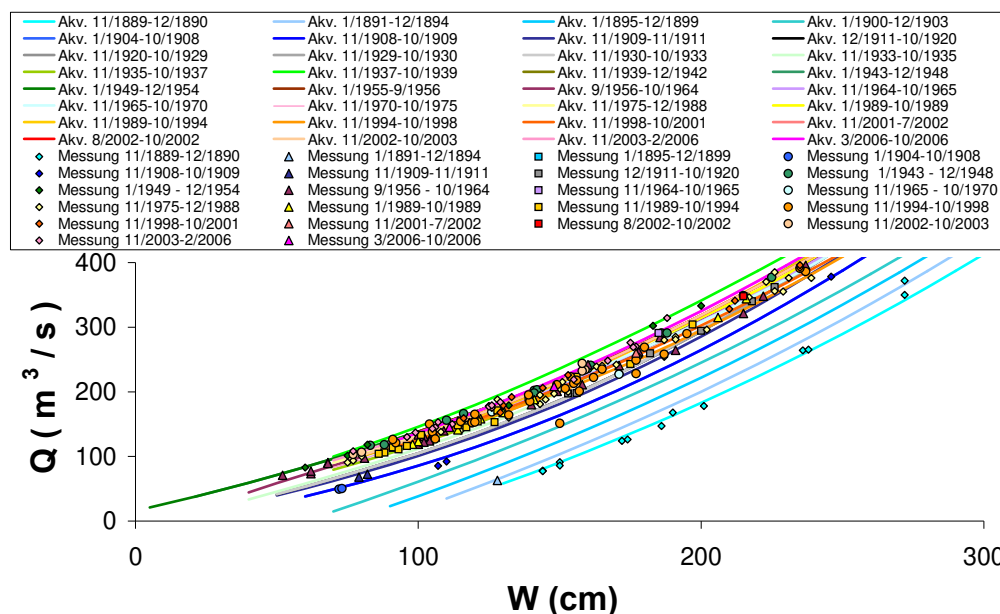


Abb. 2: NW-Segmente der überarbeiteten Abflusskurven (Akv.) verschiedener Gültigkeitszeiträume am Pegel Dresden sowie Abflussmessungen in diesen Gültigkeitszeiträumen.

3.2 Historische Hochwasserereignisse im Elbabschnitt Dresden bis Mittlere Elbe

Ein markantes Beispiel einer rückwirkend notwendigen Abflusskurvenänderung betraf den extremen HW-Scheitel vom September 1890, der bis vor kurzem mit $4450 \text{ m}^3/\text{s}$ angenommen wurde (Abb. 3). Dieser Scheitel liegt auffällig höher als die Abflussmessungen und Abflusskurven der HW-Ereignisse vom August 2002 und vom März/April 2006 (letzteres nach durchflusserhöhenden Maßnahmen nach dem Ereignis 2002). Auch Abflussmessungen aus dem Jahr 1895 sprechen, wenn auch bei geringeren Wasserständen, gegen den bisher angenommenen Scheitel 1890. In einer hydraulischen Studie unter Einbeziehung historischer Informationen wurde daher eine Abflusskurve für 1890 (und Abflusskurven für darauf folgende Jahre) mit reduzierten Abflusskapazitäten abgeleitet (BARTL & GRÜNEWALD 2008, MATZ & POHL 2008). Von tschechischer Seite wurde die Notwendigkeit eines reduzierten HW-Scheitels 1890 ähnlich eingeschätzt (Beratung der IKSE Expertengruppe „Hydrologie“ am 10.12.2009).

Die reduzierten HW-Abflüsse Dresdens wurden weiterführenden Untersuchungen im Zusammenhang mit den unterstromigen Elbepegeln (mit verfügbaren HW-Abflussmessungen in Barby, Magdeburg und Hämerten) und mit allen HW-Ereignissen im Zeitbereich 1890-1900 zugrunde gelegt. Bei dieser pegelübergreifenden Analyse waren beim HW-Ereignis 1890 im Wellenablaufmodell spezifische Retentionseffekte nach Deichbrüchen auf den Elbestrecken Dresden - Torgau und Torgau - Wittenberg zu beachten, die von der Kgl. Elbstrombauverwaltung (1898) erwähnt wurden. Simulierte und beobachtete Scheitelbereiche der Abflussganglinie ergaben im Vergleich ebenfalls deutliche Hinweise auf solche Retentionseffekte

(Abb. 4). Für die Strecke Torgau - Wittenberg ergaben sich diese zudem für HW-Ereignisse der Jahre 1891, 1895, 1896 und 1900. Abbildung 4 zeigt die aus den ohne Retentionseffekte simulierten und aus den beobachteten Abflussganglinien abgeleiteten Retentionsvolumina für den Streckenabschnitt Torgau - Wittenberg. Gegenüber der Referenz des Retentionsvolumens des extremen HW-Ereignisses 2002, das mit gut dokumentierten Überflutungsflächen und Digitalen Geländemodellen quantifiziert wurde, sind die Größenordnungen der für die Ereignisse der 1890er-Jahre ermittelten Retentionsvolumina plausibel. Damit bestätigte sich die Notwendigkeit und die Größenordnung der Reduzierung der HW-Segmente der Abflusskurven von Dresden für das Jahr 1890 und die Folgejahre (s. Abb. 3). Der bisher angenommene Abflussscheitel des HW-Ereignisses 1890 in Dresden führt unterstrom zu Widersprüchen.

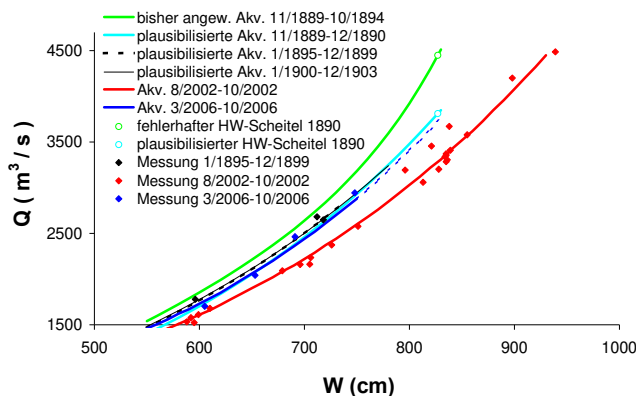


Abb. 3:
HW-Segmente von Abflusskurven
(Ak.v.) und Abflussmessungen am
Pegel Dresden.

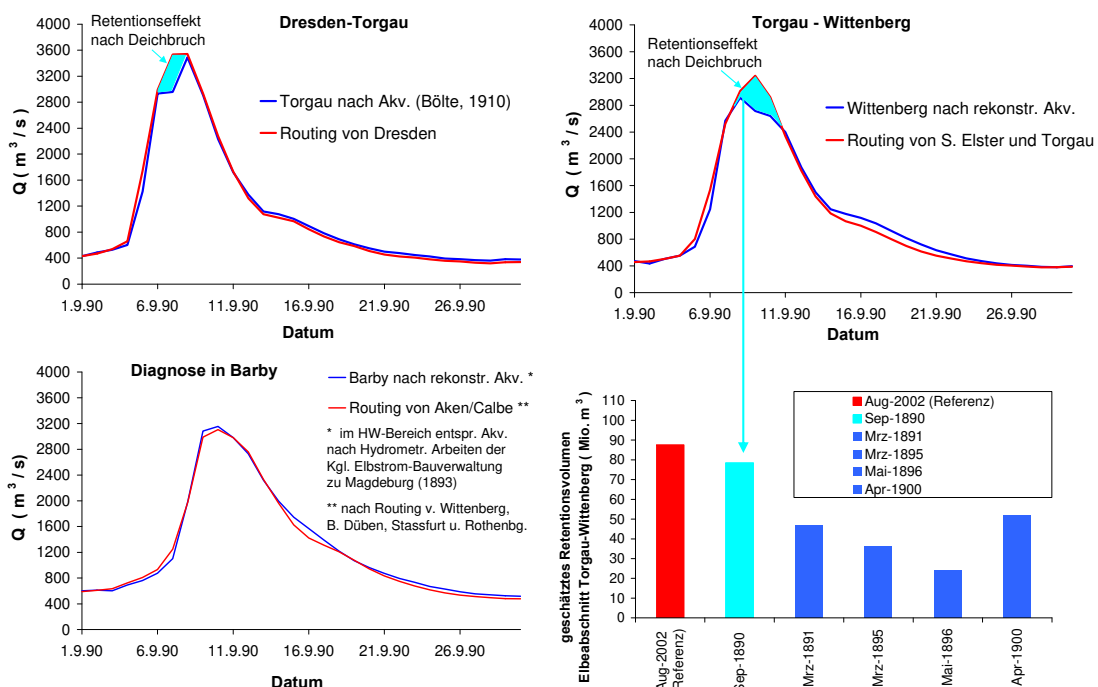


Abb. 4: Durch das Wellenablaufmodell ohne spezifische Retentionseffekte (Routing) simulierte sowie aus Wasserständen und Abflusskurven berechnete Abflussganglinien des HW-Ereignisses vom September 1890 an den Pegeln Torgau, Wittenberg und Barby. Die Diagnose am Pegel Aken ist nicht dargestellt, da keine vollständige beobachtete Ereignisganglinie verfügbar ist. Rechts unten zeigt die Abbildung geschätzte Retentionsvolumina nach Deichbrüchen im Elbe-Abschnitt Torgau-Wittenberg.

3.3 Hochwasserereignisse am Pegel Magdeburg-Strombrücke

Die Erfassung von HW-Abflüssen am Pegel Magdeburg-Strombrücke stellte ein besonderes Problem dar, da sich der Gesamtabfluss der Elbe hier auf verschiedene Stromarme aufteilt. Neben drei Stromarmen im Stadtbereich (Stromelbe, Alte Elbe, Taube Elbe) trägt der Umflutkanal nach Öffnung des Pretziener Wehrs bei großen HW-Ereignissen, auf die sich dieser Abschnitt bezieht, einen bedeutenden Abflussanteil bei. Bei den extremen HW-Ereignissen der Jahre 2002 und 2006 konnten die bisher angewandten Abflusskurven für den Gesamtabfluss auf Grundlage von Abflussmessungen in den verschiedenen Stromarmen oder unterhalb der Wiedereinleitung des Umflutkanals sowie der Ergebnisse einer hydraulischen Studie (HEYER & HORLACHER 2006) bestätigt werden. Für den Zeitraum 1971 bis Juli 2002 erwiesen sich die bisher angewandten HW-Segmente der Abflusskurve gegenüber den verfügbaren Abflussmessungen und den Abflussreihen benachbarter Elbepegel (u. a. Barby) als zu hoch und wurden durch das Segment von 2006 bzw. ein demgegenüber leicht erhöhtes Segment (für 1971-1989) ersetzt. Die plausibilisierte Abflusskurve 1971-1989 führte auch für den Zeitraum 1931-1970, in dem die Umflut in den bisher verfügbaren Abflussreihen nicht berücksichtigt wurde, zu plausiblen Abflusswerten gegenüber Barby. Für die HW-Ereignisse der 1950er-Jahre und auch der 1920er-Jahre wurden jedoch höhere Abflusskapazitäten diagnostiziert. Als Ursachen kommen durchflusserhöhende Maßnahmen nach den HW-Ereignissen 1920 und der 1940er-Jahre sowie evtl. eine v. a. im sehr kalten Winter 1946/47 verbreitete Brennholzsammlung (Entnahmen aus Überflutungsbereichen?) in Betracht. Vor den 1920er-Jahren wurden Abflusskurven mit relativ rasch zunehmenden Abflusskapazitäten ausgehend von der durch (vollständige) Abflussmessungen belegten Abflusskurve des Jahres 1890 diagnostiziert. Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Abflusskurven des Pegels Magdeburg-Strombrücke bei (vollständig) geöffnetem Pretziener Wehr für den Zeitraum 1890-2006. Hiermit wird eine gute Abstimmung der HW-Abflüsse mit denen der anderen Elbepegel, insbesondere Barby, erreicht (s. Abb. 5).

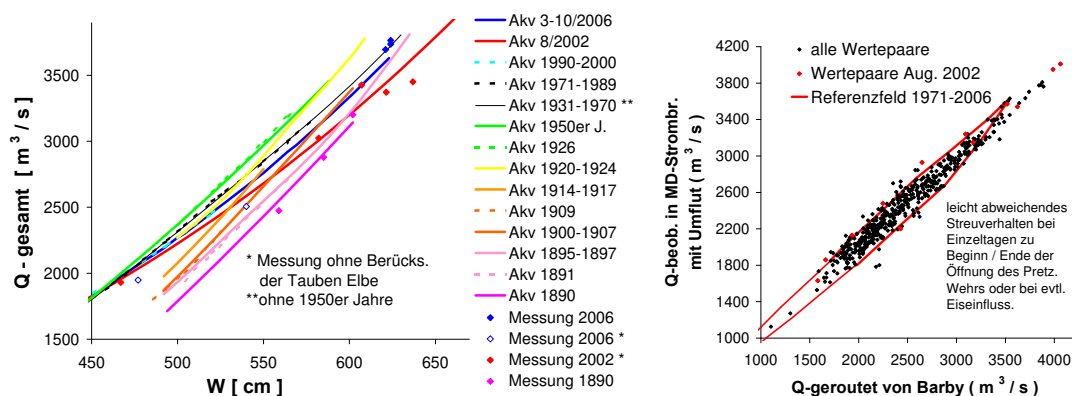


Abb. 5: Links: zeitliche Entwicklung der Abflusskurven des Gesamtabflusses am Pegel Magdeburg-Strombrücke unter Berücksichtigung des Umflutkanals bei vollständiger Öffnung des Pretziener Wehrs. Abflusskurven bei teilweiser Wehrröfnung sowie Abflussmessungen zwischen 1890 und 2002 sind hier nicht dargestellt. Rechts: Streudiagramm der in Magdeburg aus den Abflusskurven berechneten Abflüsse gegenüber den von Barby ausgehend mit dem Wellenablaufmodell simulierten Abflüssen.

3.4 Historische Hochwasserereignisse an der unteren Mittel-elbe

Die Abstimmung historischer Abflusszeitreihen im Bereich zwischen den Pegeln Hämerten und Wittenberge erforderte es, den Wellenablauf in der Elbe mit Retentionseffekten an den Mündungen von Havel und Karthane über Simulation nachzuvollziehen. Im Gegensatz zur heutigen Situation mit Absperrungen dieser Nebenflussmündungen durch das Karthane-Absperrbauwerk (seit 1981) und durch die Quitzböbeler Wehrgruppe (seit 1954) stellten diese Bereiche vorher bei HW-Ereignissen der Elbe große ungesteuerte Retentionsräume dar. Zur Simulation der Retentionswirkungen wurden für die Havel Speicherinhaltslinien aus Gutachten von WASY (2006) und DHI-WASY (2009) übernommen. Zudem wurde eine Speicherinhaltslinie für die Karthaneniederung ermittelt. Diese Speicherinhaltslinien wurden mit Systemfunktionen kombiniert, um den allmählichen Ausbreitungsvorgang des in den Retentionsräumen zurückgehaltenen Wassers zu beschreiben. Abbildung 6 zeigt am Beispiel des HW-Ereignisses 1920 das Ergebnis der Simulation des Wellenablaufs der Elbe unter Berücksichtigung der genannten Retentionseffekte und dabei die gute Übereinstimmung zwischen simulierter und beobachteter Ganglinie in Wittenberge. Die gute Übereinstimmung, auch für die anderen HW-Ereignisse ab 1890 (Abb. 6), bestätigt die über Abflussmessungen und gegenüber weiteren Elbepegeln abgeleiteten Abflussreihen von Hämerten und Wittenberge.

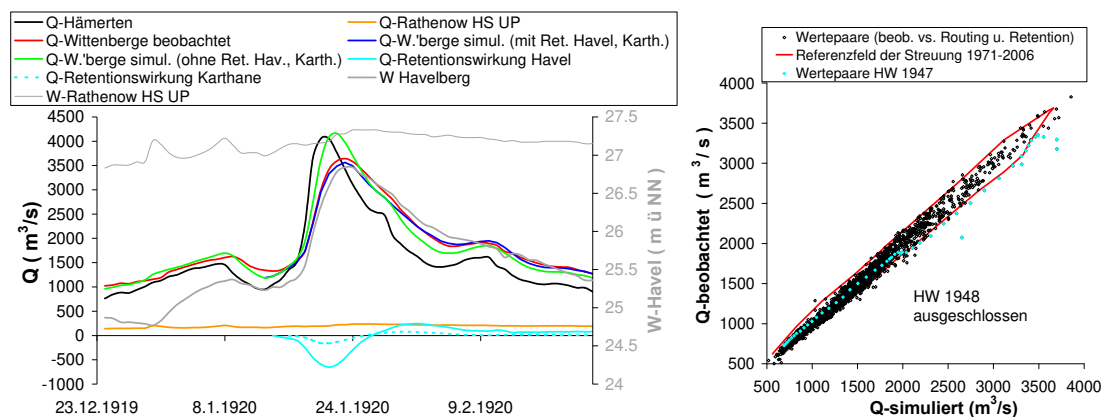


Abb. 6: Links: Simulation des Wellenablaufs des HW-Ereignisses 1920 ausgehend vom Pegel Hämerten. Die Berücksichtigung der Retentionseffekte an den Mündungen von Havel und Karthane ergibt eine gute Anpassung an die aus der Abflusskurve berechnete (beobachtete) Abflussganglinie am Pegel Wittenberge. Rechts: beobachtete vs. simulierte HW-Abflüsse 1890-1953 am Pegel Wittenberge.

3.5 Weitere Aspekte

Neben den bereits angesprochenen Problemen umfasste die Überarbeitung der Abflusskurven der Elbepegel weitere Probleme. Dazu gehörten eine an einigen Pegeln zeitweise auftretende, durch ufernahe Vegetation bedingte Sommer-Winter-Differenzierung der HW-Segmente der Abflusskurven sowie eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Vielgestalt der Abflusskurven. Ferner waren Vereisungseffekte und anthropogene Einflüsse (u. a. Mittel- und Niedrigwasserregulierung, Kriegseinflüsse) zu beachten. Bei der Diagnose der Abstimmung von Abflussreihen war zu berücksichtigen, dass das Wellenablaufmodell im historischen Zeitraum mit veränderten Bedingungen (z. B. Retentionsflächenentzug) teilweise neu zu parametrisieren war und dass auch die Abflussreihen der Nebenflusspegel teilweise unsicher oder zu rekonstruieren waren. Einzelne Pegel und die Pegelnullpunkte aller Elbepegel wurden ver-

schoben, was in den Analysen (korrekt) zu berücksichtigen war. Über den langen Beobachtungszeitraum ergaben sich auch Datenverluste (z. B. kriegsbedingt). Da an den Elbepegeln bereits viele Akteure mit den Abflusskurven und -reihen befasst waren, entstanden von diesen verschiedene Versionen, die v. a. im pegelübergreifenden Zusammenhang zu komplexen Informationsmengen führen können. Dabei wurde möglichst ein konservativer Ansatz verfolgt, um Wissen, das sich z. B. in einer Abflusskurve ausprägt, zu erhalten.

4 Gesamtbild und Fazit

Trotz der vielfältigen, sich überlagernden Probleme konnten plausible Abflusskurven und tägliche Abflussreihen der deutschen Elbepegel für den Zeitraum 1890-2006 erarbeitet und dabei auf verfügbare Abflussmessungen und aufeinander abgestimmt werden. Abbildung 7 zeigt Streudiagramme der aus Abflusskurven ermittelten gegenüber den mit dem Wellenablaufmodell simulierten (gerouteten) Abflusswerten im NW- und im HW-Bereich. Es werden exemplarisch die Pegelgruppen Dresden - Torgau, Aken - Calbe - Barby und Wittenberge - Neu Darchau dargestellt. Ergänzend sind die Abb. 5 und 6 zu beachten. Abgesehen von einzelnen Werten, Ereignissen oder kurzzeitigen Phasen sind begrenzte Streuungen festzustellen. Stärkere Abweichungen resultieren meist aus gelegentlich auftretenden Defiziten des Wellenablaufmodells. Für die Gesamtreihen ab 1890 entspricht die Streubreite etwa derjenigen ab 1971 mit besser abgesicherter Datengrundlage. Im HW-Bereich lassen sich die Streubereiche der Wertepaare durch ein Band von $\pm 10\%$ ihrer Ausgleichsgerade fast vollständig einhüllen, wobei die meisten Wertepaare deutlich weniger streuen. Im NW-Bereich gelten weitgehend entsprechende Aussagen. Nur beim Pegelpaar Dresden - Torgau ist die Streuung im NW-Bereich relativ hoch, was aus der zeitweise stark dynamischen und vollständig schwer erfassbaren Entwicklung der W-Q-Beziehungen an beiden Pegeln resultiert (vgl. Kap. 3.1).

Die Streudiagramme beobachteter vs. gerouteter Abflussreihen, auch die der nicht in den Abb. 5, 6 und 7 dargestellten Pegelgruppen, sowie die Anpassungen der entsprechenden Abflusskurven an direkte Abflussmessungen ergeben unter Berücksichtigung der bekannten Entwicklungen an den Pegeln ein plausibles hydrologisches Gesamtbild ab dem Jahr 1890. Die im Projekt „W-Q-Elbe 1890“ abgeleiteten Abflusskurven und täglichen Abflussreihen der Elbepegel Dresden, Torgau, Wittenberg, Aken, Barby, Magdeburg-Strombrücke, Tangermünde/Hämerten, Wittenberge und Neu Darchau/Darchau sind Gegenstand der Datenübergabe an die Bundesanstalt für Gewässerkunde. Des Weiteren wurden im Projekt 12 weitere Pegel (Nebenflusspegel, tschechische Elbepegel) in die Analysen einbezogen, die jedoch nicht zur Datenübergabe gehören. Mit dem Wellenablaufmodell können pegelweise Abflussreihen auf beliebige Elbe-Standorte zwischen Dresden und Neu Darchau übertragen werden.

Die rekonstruierten und plausibilisierten Abflussreihen zeigen, dass eine Neubewertung der Abflussverhältnisse an der Elbe für alle Abflussbereiche vom NW- bis zum HW-Bereich notwendig und möglich ist. Mit der abgesicherten Datengrundlage, die auch eine Referenz zur Einbeziehung von Abflussreihen vor 1890 bildet, können Abflussreihen bzgl. der Wirkungen von Talsperren, Deichbrüchen etc. homogenisiert werden. Daran können sich statistische Analysen der Abflussreihen (u. a. Extremwertstatistiken), validierbare hydrologische Simulationen, Szenarienrechnungen und interdisziplinäre Modellkopplungen anschließen. Wasserwirtschaftlichen Planungen an der Elbe wird somit eine zuverlässige und langfristige hydrologische Grundlage geliefert, auf der insbesondere auch hydrologische Extremereignisse mit ihren Folgen besser eingeordnet werden können als zuvor.

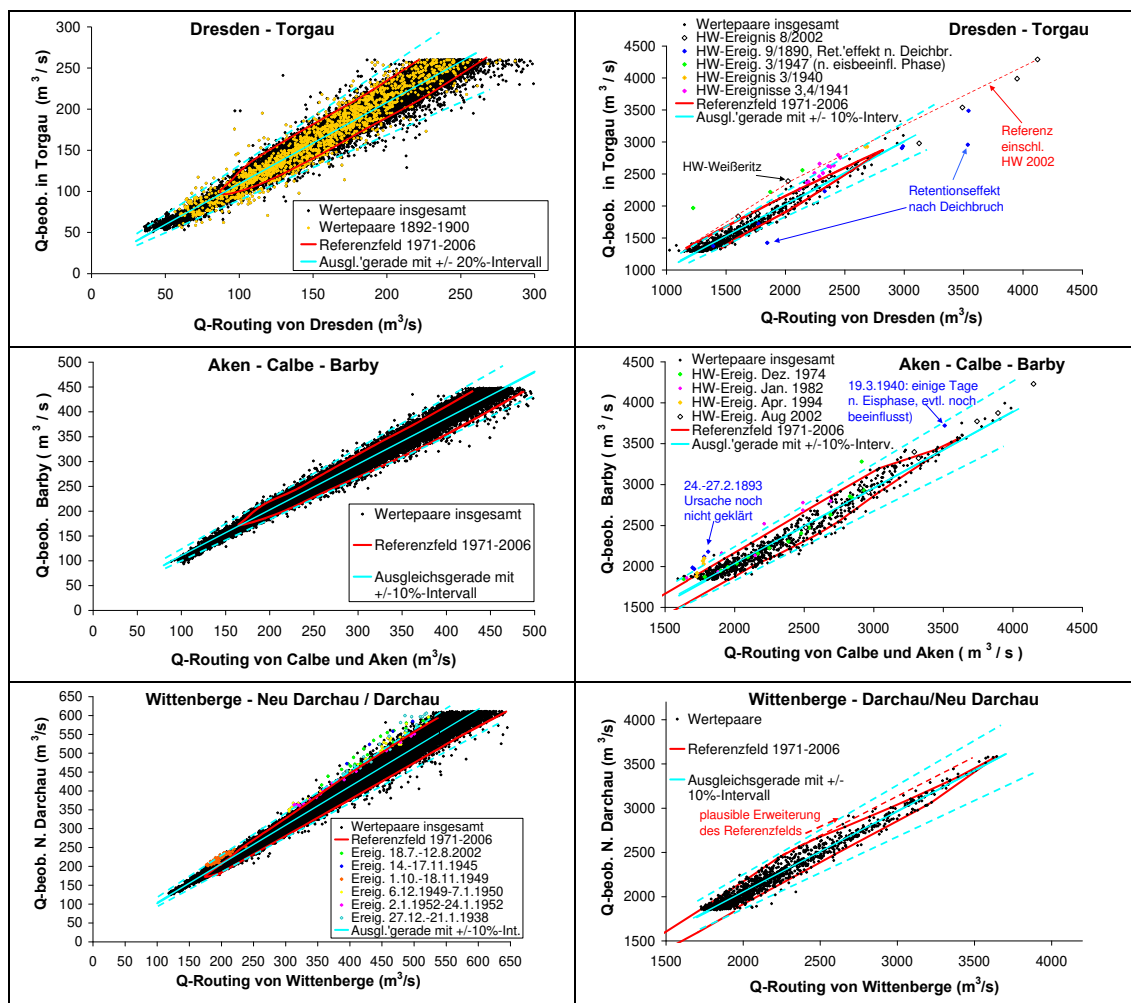


Abb. 7: Streudiagramme der aus Abflusskurven berechneten (beobachteten) gegenüber gerouteten Abflussreihen für verschiedene Pegelgruppen an der Elbe.

Literatur

BARTL, S., U. GRÜNEWALD (2008):: Einbeziehung historischer Wasserstands- und Abflussdaten in die Hochwasserstatistik des Pegels Dresden. DWA, Hennef.

DHI-WASY (2009): Gutachten zur hydrol. Einschätzung der beob. hist. Wasserstände bezogen auf die heutigen Abflussverhältnisse im Raum Wittenberge. MLUV, Potsdam.

HELMS, M., J. IHRINGER, F. NESTMANN (2002): Analyse und Simulation des Abflussprozesses der Elbe. Schlussbericht BMBF-Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“, Universität Karlsruhe.

HEYER, T., H.-B. HORLACHER (2006): Beurteilung des Abflussgeschehens am Pegel Magdeburg. Forschungsber. 2006/05. Inst. für Wasserb. u. Tech. Hydromech., TU Dresden.

Kgl. Elbstrombauverwaltung zu Magdeburg (1893): Hydrologischer Jahresbericht von der Elbe für 1892. E. Baensch jun., Magdeburg.

Kgl. Elbstrombauverwaltung zu Magdeburg (1898): Der Elbstrom, sein Stromgebiet und seine wichtigsten Nebenflüsse. Bd. III. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.

MATZ, S., C. POHL (2008): Erstellung eines hydraulischen Teilmodells für die dt. Obere Elbe anhand historischer Daten für das Sommerhochwasser v. 1890. DWA, Hennef.

WASY (2006): Gemeinsames Gutachten der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt zur Flutung der Havelniederung bei Hochwasserereignissen (größer HQ100). LUA Brandenburg, LHW Sachsen-Anhalt; Potsdam, Magdeburg.



Kontakt:

Dipl.-Hyd. Martin Helms

Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Karlsruher Institut für Technologie
Otto-Ammann-Platz 1
Tel.: 0721/ 608 43692
Fax: 0721/ 45651
E-Mail: martin.helms@kit.edu

Dipl.-Ing. Robert Mikovec

Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Karlsruher Institut für Technologie
Otto-Ammann-Platz 1
Tel.: 0721/ 608 43653
Fax: 0721/ 45651
E-Mail: robert.mikovec@kit.edu

Dr.-Ing. Jürgen Ihringer

Institut für Wasser und
Gewässerentwicklung
Karlsruher Institut für Technologie
Otto-Ammann-Platz 1
Tel.: 0721/ 608 43907
Fax: 0721/ 45651
E-Mail: juergen.ihringer@kit.edu

Jahrgang 1968

1996

Studienabschluss Hydrologie (Diplom) an der Universität Freiburg

1997-2000

Stipendiat im Graduiertenkolleg „Ökologische Wasserwirtschaft“ an der Universität Karlsruhe

Seit 2001

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wasser und Gewässerentwicklung

Projektbearbeitung:

1997 - 2001: Hydrologische Teilprojekte im BMBF-Verbundprojekt „Morphodynamik der Elbe“

2000 - 2010: Hydrologische Teilprojekte in BMBF-Verbundprojekten „Wolga-Rhein“ (3 Projektphasen)

2005-2008: Hydrologisches Teilprojekt im BMBF-Verbundprojekt „Operationelles HW-Management in großräumigen Extremsituationen am Beispiel der Mittleren Elbe“

seit 2007 Projekt „W-Q-Elbe 1890“ im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde.

Historische Hochwasser in Prag: Vergleich der Rekonstruktionsmethoden

Libor Elleder

1 Einleitung

In den letzten 15 Jahren hat auch in der Tschechischen Republik das Interesse an der Problematik der historischen Hochwasser zugenommen. Das war folgerichtig. Seit 1997 wurde das Land zweimal von katastrophalen Hochwasserereignissen heimgesucht, die über einen längeren Zeitraum hinweg keine Parallelen hatten. Dieser Zeitraum des Vorkommens von signifikanten Hochwassern folgte einem Zeitabschnitt von rund 110 Jahren mit einer wesentlich geringeren Hochwasserfrequenz. Dabei basiert die statistische Auswertung, vor allem die Analyse der Jährlichkeiten, gerade größtenteils auf Daten aus dem 20. Jahrhundert.

2 Das Einzugsgebiet der Moldau in Prag

Den Prager Pegel kann man aus hydrologischer Sicht in etwa als den Abschlusspegel der Moldau, des größten (A_{EO} 28.090 km²) und längsten Nebenflusses der Elbe, betrachten. Bei Hochwasser ist die Moldau gegenüber der Elbe der dominierende Fluss. Das ergibt sich aus der Tatsache, dass die Fläche des Einzugsgebietes der Moldau größer ist als die Einzugsgebietsfläche der Elbe. Das Einzugsgebiet der Elbe ist mit 13.714 km² nur halb so groß, auch die Form- und Höhenverhältnisse unterscheiden sich durch den geringeren Anteil von Niederungen von denen im Einzugsgebiet der Elbe. Am Zusammenfluss beider Flüsse bei Mělník hat der Scheitelabfluss der Moldau meist einen zeitlichen Vorsprung vor dem Scheitelabfluss der Elbe und darüber hinaus beträgt der Wert HQ_{100} (Moldau) 4020 m³/s, während der gültige HQ_{100} -Wert der Elbe nur 1390 m³/s aufweist.

Deshalb existiert für die meisten Hochwassermaxima ein enger Zusammenhang zwischen den Scheitelabflüssen und den Abflüssen in Prag einerseits und der Elbe in Děčín oder Dresden andererseits. In einer geringeren, aber bedeutsamen Anzahl von Fällen werden die Differenzen durch die Rückhaltewirkung (bei Hochwassern mit einem geringen Ausmaß) durch die Beeinflussung des Wasserstandes durch Eisschollen und ggf. in Ausnahmefällen durch ein starkes Elbehochwasser verursacht.

3 Methode

Limitierende Faktoren bei der Verlängerung der Messreihen für den präinstrumentalen Zeitraum sind die Qualität der dokumentarischen Quellen über Hochwasserereignisse und die Kenntnisse über die Entwicklung des Untersuchungsgebietes. Letztere hängen mit den Möglichkeiten der Nutzbarkeit der derzeitigen Informationen zusammen (Messkurven, Parameter, die für die hydraulische Berechnung notwendig sind, also Werte der Längsneigung, Form des Querprofils und Rauhigkeit).

3.1 Veränderungen des Überschwemmungsgebietes in Prag

Nach archäologischen Untersuchungen setzten im 13. Jahrhundert gravierende Änderungen im Gelände von Prag ein (HRDLÍČKA 2000). Die Ursachen hierfür sind nicht zuverlässig belegt, aber eine wichtige Rolle spielten die Modernisierung und Erweiterung der Stadt, der Bau von Wehren und wahrscheinlich auch Hochwasserereignisse. Seit dem 14. und mit Sicherheit ab dem 15. bis zum 19. Jahrhundert stabilisierten sich das System der Wehre und die Gefälleverhältnisse in Prag, so wie in Abb. 1 dargestellt (ausführlicher siehe ELLEDER et. al. 2012).

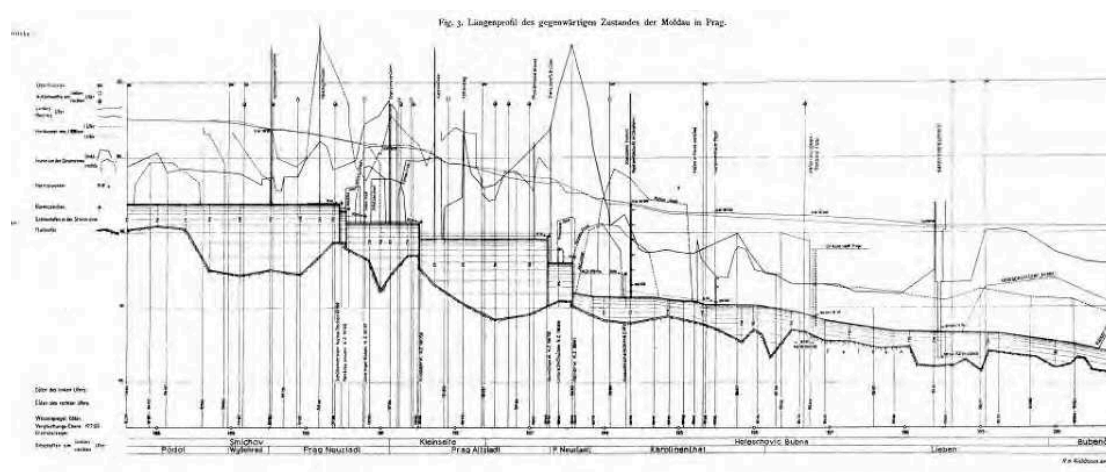


Abb. 1: Prag, Wilhelm Plenker, Längsprofil der Moldau in Prag aus dem Jahr 1896 (Allgemeine Bauzeitung 1896)

In Prag kann vorteilhafterweise die Tatsache genutzt werden, dass hier bereits seit 1481 genauere Angaben über Hochwasser vorliegen und schließlich im Jahr 1825 mit systematischen Wasserstandsaufzeichnungen begonnen wurde. Veränderungen im Zusammenhang mit dem Bau des Moldauufers begannen nach 1840, radikale Veränderungen folgten nach 1895 bzw. 1914. Das Gebiet um die Karlsbrücke, wo seit ältester Zeit Beobachtungen ausgeführt wurden, ist in den Grundzügen bis heute unverändert. Die vermutlichen Änderungen des Querprofils, besonders der Rauhigkeit, waren bis zum Ende des 16. Jahrhunderts am bedeutungsvollsten (ELLEDER et al. 2012).

3.2 Von den schriftlichen Quellen zu den Wasserständen

Die historischen Quellen zu Hochwasserereignissen in Prag wurden im Wesentlichen von BRÁZDIL et al. (2005) erfasst. Deren Auswertung und Interpretation ergab mehrere, für Prag typische Formen der Dokumentation der Höhe oder der Bedeutung der Hochwasser. So, wie auch bei anderen Studien (z. B. in Österreich, vgl. ROHR 2005), überwiegen auch für das Prager Stadtgebiet zunächst die Berichte über das Ausmaß der Schäden. Für Prag finden wir häufiger Dokumente, die über den Wasserstand an bedeutenden Gebäuden berichten. Auch wird die jeweilige Höhe, die das Wasser bei einem hydrologischen Extremereignis im Maximum erreicht hat, häufig in Bezug zu einer gotischen Bradáč-Skulptur gesetzt, die heute noch an einer Ufermauer an der Moldau erhalten ist. Als bärtiger Männerkopf dokumentiert die Bradáč-Skulptur als spezifischer Prager Wasserstandsanzeiger die historischen Ereignisse der Moldau (ELLEDER 2003, BRÁZDIL et al. 2005). Zudem sind auch Hochwassermarken (1675-1890) und frühinstrumentale Klementinische Aufzeichnungen (seit 1782) sowie systematische Aufzeichnungen (ab 1825) für Prag zu erwähnen. Der frühinstrumentale Zeitraum von 1782 bis 1894 hat eine besondere Bedeutung für das Erkennen der Bedingungen des Überschwemmens der Stadt, die im Prinzip schon mehrere Jahrhunderte vorher galten. Er hat also Bedeutung für die „Kalibrierung“ der Relationen zwischen den Wasserständen und den Auswirkungen im Überschwemmungsgebiet. Eine relativ detaillierte Dokumentation des Gebietes von Prag (Karten, Pläne, Messkurven u. a.) bezüglich des Verlaufs des Hochwassers, des Hochwasserschutzes und der Orte mit einem besonderen Hochwasserrisiko steht bereits zur Verfügung (ELLEDER 2010b). Die Beziehung des überschwemmten Gebietes der Prager Altstadt zum Wasserstand ist in der Studie über das Hochwasser von 1784 beschrieben (ELLEDER 2010a).

Tabelle 1

Beziehungen zwischen dem Wasserstand an einigen Gebäuden in Prag und den Abflusswerten der Moldau

Flussterrasse	Beschreibung	H [cm]	Q [m ³ /s]
VIIc	- Straße Karoliny Světlé	> 250	2100
	(SM), Altstädter Mühle, Steg	270	2200
	(A) - St.-Anna-Kloster	250-320	2200-2500
	(V) - St.-Valentin-Kirche - Fussboden	300	2400
	(M) - St. Maria in Lacu (Na louži - "In der Pfütze")	>350	2800
VIIc/ VIIb	- Clamm-Galas-Palais	>450	>3800
	(Ag) - St. Aegidi (Sv.Jiljí) - Umgebung	>480	>3800
	-St. Nikolaus	>500	4500
	-St. Leonhardt	>400	>3500
VIIb	(R) Altstädter Ring	>580	>4000

In dieser Arbeit war es möglich, auch auf die bisher vorliegenden Übersichten der Scheitelwasserstände in Prag oder Dresden kritisch einzugehen. Für Prag wurden sie 1784 von dem Historiker Jaroslav Schaller (ELLEDER 2010b), 1845 von dem Juristen und Meteorologen Karl Fritsch (FRITSCH 1845), 1899 von dem Landesvermesser (Ingenieur) Jaroslav Dlouhý

(DLOUHÝ 1899) und 1963 vom dem Hydrologen Jan Novotný (NOVOTNÝ 1963) präsentiert. Im Jahr 1990 wurden die Schätzungen der Prager Scheitelabflüsse auf der Grundlage der Regressionsbeziehungen Prag - Dresden von Jiří Svoboda vorgelegt (SVOBODA 1990). 1995 wurden die geschätzten Scheitelabflusswerte von KOTYZA et al. (1995) und 10 Jahre später von BRÁZDIL et al. (2005) präsentiert.



Abb. 2: Prag, Altstadt im Jahr 1606, Sadeler-Prospekt, Ausschnitt, National Galerie Prag (Legende siehe Tabelle 1)

3.3 Wasserstände und Abflüsse

In diesem Fall wurde nicht die übliche Flutkategorisierung der Indizes der Klassen 1, 2 und 3 verwendet, die u. a. von STURM et al. (2001) empfohlen wird, sondern die Abflüsse wurden geschätzt. Der Grund war die Möglichkeit, mit den geschätzten Werten so zu arbeiten wie mit den normalen hydrologischen Daten.

Für das direkte Schätzen der Abflüsse gibt es mehrere Möglichkeiten. Die einfachste ist, unter der Voraussetzung der unveränderten Situation die spezifische Abflusskurve zu nutzen. Das bedeutet eine Extrapolation der für die Situation im 18. und 19. Jahrhundert, im Zeitraum von 1782-1894 bis in die Vergangenheit erkannten Verhältnisse.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die wahrscheinlichen Veränderungen abzuschätzen und diese in die hydraulische Berechnung einzubeziehen (HERGET & MEURS 2010). In unserem Fall kann die Längsneigung der Wasseroberfläche bei Hochwasser als die gleiche wie bei den Hochwasserereignissen in der Vergangenheit angesehen werden; es handelt sich vor allem um Veränderungen der Rauigkeit, ggf. um kleine Veränderungen des Querschnitts.

Eine weitere Stufe ist die Nutzung von Informationen, ggf. der geschätzten Scheitelabflüsse, von anderen Profilen als vom Oberlauf der Moldau und ihren wichtigen Zuflüssen. Die erhaltenen Scheitelabflüsse von den Profilen im oberen Teil des Einzugsgebietes bieten zumindest eine wertvolle Kontrolle, in einigen Fällen auch die Untergrenze des Scheitelabflusses in Prag. Es können auch relativ enge Regressionsbeziehungen zwischen den Scheitelabflüssen in Prag und an der Elbe an den Pegeln zwischen Mělník und Dresden genutzt werden.

In 18 Fällen von Sommerhochwassern im Zeitraum von 1501 bis 1824 wurden die Ergebnisse der Studie von ELLEDER et al. (2012) genutzt, die an die vorhergehende Studie von HERGET & MEURS (2010) anknüpfen.

4 Ergebnisse, Diskussion und Ausblick

Es wurden ca. 164 geschätzte Hochwasserspitzen für den Zeitraum 1118-1824 ermittelt. Die Ergebnisse ermöglichen es, die instrumentelle systematische hydrologische Reihe der Wasserstände und Abflüsse, die mit dem Jahr 1825 beginnt, zu verlängern (NOVOTNÝ 1963 und Datenbank des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts).

Die Ergebnisse aus dem Zeitraum 1118-1824 beruhen in ca. 25 Fällen auf einer groben Schätzung, in 40 bis 50 Fällen vorwiegend auf einer Interpretation der Schäden und Auswirkungen und der überschwemmten Gebiete. Auf exakten, aber noch nicht systematischen Aufzeichnungen der Wasserstände beruhen 32 Aufzeichnungen (1481-1784) sowie 20 frühinstrumentale Aufzeichnungen aus dem Klementinum. Diese Werte werden durch ca. 20 Schätzungen aus Berichten von anderen Pegeln und ca. 10 bis 15 durch die Regressionsbeziehung abgeleitete Werte ergänzt.

Davon wurde für 18 Fälle von Sommerhochwassern (1481-1824) die Abflussmaximalwerte durch hydraulische Berechnung abgeleitet. Diese Ergebnisse liefern 3-5 % mehr Scheitelabflüsse in Prag als die auf den historischen Messkurven beruhenden Ergebnisse. Der Vergleich mit den auf der Grundlage der Regressionsbeziehung (Prag - Dresden) abgeleiteten Ergebnissen, die von SVOBODA vorgelegt wurden (1990), zeigt Unterschiede von 2-15 %, in einigen Fällen sogar bis zu 45 % (Juni 1675).

Wozu können die gewonnenen Daten genutzt werden? Hintergrund dieser Arbeit war die Möglichkeit, eine objektivere Vorstellung über die Veränderungen der Saisonalität der Hochwasser und über die Scheitelabflüsse signifikanter Extreme zu erhalten und auch, alternative Berechnungen der n-Jährlichkeiten durchzuführen. Die Ergebnisreihe bestätigt, dass es wiederholt Zeiten gab, in denen keine signifikanten Hochwasser auftraten. Die Dauer dieser Perioden in Prag lag zwischen 57 und 112 Jahren. Diese wurden häufig von einem plötzlich eintretenden Extremhochwasser beendet, wie z. B. in den Jahren 1598, 1784 oder 2002.

Dagegen war die Frequenz der katastrophalen oder signifikanten Hochwasser im 106 Jahre umfassenden Zeitraum vom 1784 bis 1890 sehr hoch. Es wurden mindestens vier Fälle verzeichnet, in denen die Werte eines hundertjährigen Hochwassers (HQ_{100}) erreicht oder überschritten wurden, sowie zwei bis vier Fälle, die einem fünfzigjährigen Hochwasser (HQ_{50}) nahe kamen. Im folgenden 20. Jahrhundert gab es in Prag nur ein Hochwasser auf dem Niveau von HQ_{50} . Die geringere Frequenz von signifikanten Hochwasserereignissen im 20. Jahrhundert ist nicht nur auf das Einzugsgebiet der Oberelbe beschränkt; für den Oberrhein (1877-1999) wurde sie von WETTER et al. (2011) erfasst.

Die größte Wahrscheinlichkeit des Auftretens von mittleren, signifikanten und extremen Hochwasserereignissen liegt in der Zeit von Februar bis Ende März und von Juli bis Anfang September. Dabei traten die drei schwersten Hochwasser (1118, 1432 und 2002) in der zweiten Hälfte des Sommers auf. Mit der Saisonalität der Hochwasser beschäftigten sich zahlreiche Studien, z. B. in England, Deutschland, Kroatien und in der Schweiz (vgl. u. a. WEIN-

GARTNER 1998). Ausgehend von den erhaltenen Daten ist aber offensichtlich, dass die Saisonalität der Hochwasser auch in Prag mit der Zeit und den sich ändernden Klimabedingungen schwankt (ELLEDER 2010b).

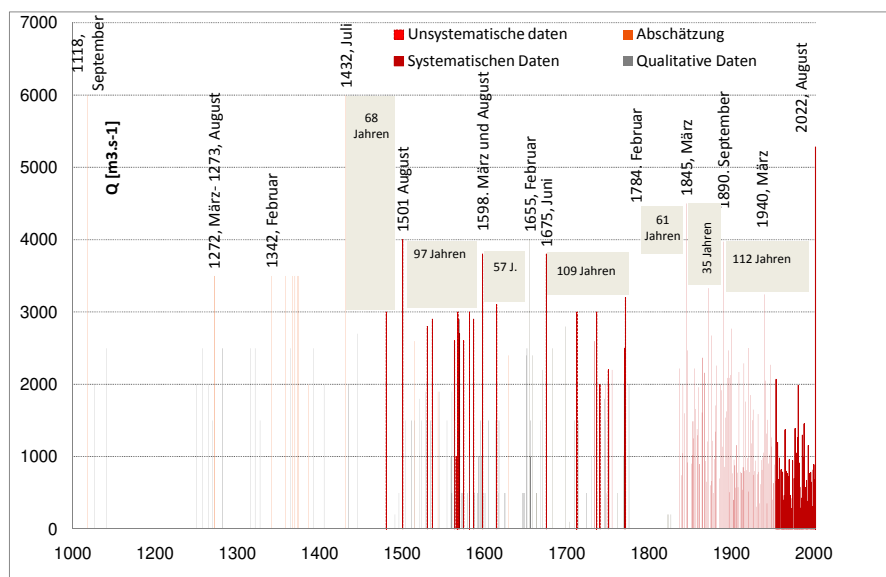


Abb. 3: Reihe der geschätzte Scheitelabflüsse (Jahr 1000-2000), beruhend auf der Interpretation der dokumentarischen Quellen und der sich daran anschließenden systematischen Reihe (1825-2002)

Was kann man für die Zukunft empfehlen?

Für die statistische Auswertung der verlängerten Reihen im Zeitraum einer nicht systematischen Datenerfassung ist es günstig, die gleiche Methode wie CALENDRA et al. (2005) und MACDONALD et al. (2006) zu verwenden. Die ersten Berechnungen (ELLEDER 2010b) bestätigten den erheblichen Einfluss der einbezogenen nicht systematisch erfassten Daten bei der Berechnung der n-Jährlichkeit.

Für die Zukunft kann eine ähnliche gemeinsame Analyse einzelner historischer Fälle im gesamten Einzugsgebiet der Elbe, also im deutschen und im tschechischen Teil (einschließlich wichtiger Nebenflüsse) empfohlen werden. Diese Arbeiten würden wahrscheinlich eine nützliche Kontrolle für den methodischen Ansatz sein, aber auch zweifelsfrei neue Erkenntnisse bringen.

Literatur

BRÁZDIL, R., P. DOBROVOLNÝ, L. ELLEDER, V. KAKOS, O. KOTYZA, V. KVĚTOŇ, J. MACKOVÁ, V. ŠTEKL, R. TOLASZ, H. VALÁŠEK (2005): Historické a současné povodně v České republice. (Die historischen und zeitgenössischen Hochwasser in der Tschechischen Republik) Masarykova Univerzita a ČHMÚ, Brno und Praha, 369 S.

- BUSCH, N., P. BALVÍN, M. HATZ, J. KREJČÍ (2012): Bewertung von Einflüssen tschechischer und thüringer Talsperren auf Hochwasser an Moldau und Elbe in Tschechien und Deutschland mittels Einsatz mathematischer Abflussmodelle, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1725, Koblenz, 108 S., deutsch und tschechisch; DOI: 10.5675/BfG-1725-DT ; 10.5675/BfG-1725-TSCH
- CALENDA, G., C. P. MANCINI, E. VOLPI (2005): Distribution of the extreme peak floods of the Tiber River from the XV century. *Advances in Water Resources* 28, S. 615-625.
- DLOUHÝ, J. (1899): Povodně na řekách českých (Die Hochwasser an tschechischen Flüssen). Spolek architektů českých, Praha, S. 49.
- ELLEDER, L. (2003): Pražský Bradáč, jeho stáří, účel a historie. (Prager Bradáč, sein Alter, Verwendung und die Historie), *Historica Pragensia* 1, S. 301-333.
- ELLEDER, L. (2010a): Reconstruction of the 1784 flood hydrograph for the Vltava River in Prague, Czech Republic. *Global and Planetary Change* 70, S. 117-124.
- ELLEDER, L. (2010b): Využitelnost proxydat v hydrologii: rekonstrukce řady kulminačních průtoků Vltavy v Praze v období 1118-2002, (Verwendbarkeit von Proxydaten in Bereich der Hydrologie – Die Rekonstruktion der Hydrologischen Moldaureihe 1118-2002 in Prag) UK v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, disertační práce (PhD. Thesis), 150 S.
- ELLEDER, L., J. HERGET, T. ROGGENKAMP, A. NIEBEN (2012): Historic floods in the city of Prague – a reconstruction of peak discharges for 1481-1825 based on documentary sources. *Hydrology Research, Special Issue*, in print.
- FRITSCH, K. (1845): Ueber die außerordentliche Thaufluth der Moldau am 29. März 1845, *Österreichischer Beobachter* 1845, Nr. 95, S. 375-376
- HERGET, J., H. MEURS (2010): Reconstructing peak discharges for historic flood levels in the city of Cologne, Germany. *Global and Planetary Change*, Vol. 70, Issues 1-4, S. 108-116.
- HRDLIČKA, L. (2000): Das Zentrum des mittelalterlichen Prag. In: *Wratislavia Antiqua* 2. Centrum średniowiecznego miasta. Wrocław Europa śródowa. Wrocław, S. 191-214.
- KOTYZA, O., F. CVRK, V. PAŽOUREK (1995): Historické povodně na dolním Labi a Vltavě. (Die historischen Hochwasser an der unteren Elbe und Moldau), Okresní muzeum, Děčín, 169 S.
- MACDONALD, N., A. WERRITTI, A. R. BLACK, L. J. EWENT (2006): Historical and pooled flood frequency analysis for the River Tay at Perte, Scotland. *Area* 38, S. 34-46.
- NOVOTNÝ, J. (1963): Dvě stoleté hydrologické řady průtokové na českých řekách. (Die zwei hundertjährigen hydrologischen Abflussreihen an tschechischen Flüssen) *Sborník prací HMÚ ČSR. Hydrometeorologický ústav, Praha*, 116 S.
- ROHR, C. (2006): Measuring the frequency and intensity of floods of the Traun River (Upper Austria), 1441-1574. *Hydrological Sciences Journal* 51, S. 834-847.
- STURM, K., R. GLASER, J. JACOBET, M. DEUTSCH, R. BRÁZDIL, C. PFISTER, J. LUTERBACHER, H. WANNER (2001): Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 145, S. 14-23.

- SVOBODA, J. (1990): Historické povodně na Vltavě (Die historischen Moldauhochwasser) .
In: Povodňová ochrana Prahy, 1. díl. Dům techniky Praha, S. 153-164.
- WEINGARTNER, R. (1998): Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Hochwasser
in der Schweiz. Ein Beitrag zur Hochwasserabschätzung, ETH Zürich, ISBN 978-3-
7281-2502-6, 80 pp.
- WETTER, O., C. PFISTER, R. WEINGARTNER, J. LUTERBACHER, T. REIST, J. TRÖSCH (2011):
The largest floods in the High Rhine basin since 1268 assessed from documentary
and instrumental evidence. Hydrological Sciences Journal 56: 5, 733-758.



Kontakt:

Ing. Libor Elleder, PhD.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)

Na Šabatce 2050/17

143 06 Praha-Komořany

Tschechische Republik

Tel.: +420 244 032 315 (355)

E-Mail: elleder@chmi.cz

1981-1986

Studium an der Tschechischen Technischen Hochschule (ČVUT) Prag, Studiengang Wasserwirtschaft

1986

Diplomarbeit: Automatische Optimierung des hydrologischen Tankmodells

seit 1987

ČHMÚ Prag, Abteilung Wasserhaushalt - Hydrologische Daten

seit 1994

Abteilung Hydrologische Vorhersagen

1997, 1998, 2000, 2002, 2006, 2010

Serie von signifikanten und katastrophalen Hochwassern, Impuls für die persönliche berufliche Entwicklung - prognostische Verfahren.

2002-2010

Karlsuniversität Prag - Physische Geographie, Doktorandenstudium (PhD.) mit der Thematik Nutzung von Proxydaten der historischen Hydrologie, Publikationen, Beteiligung an verschiedenen Forschungsthemen

2003-2004

VaV 650/6/03 DÚ 02 Einfluss, Analyse und Möglichkeiten der Nutzung der Schutzfunktion von Talsperren, alternative Maßnahmen für den Hochwasserschutz im Einzugsgebiet der Elbe, Forschungsinstitut für Wasserwirtschaft T. G. Masaryk

2005-2007

VaV-SM/2/57/05 Langzeitänderungen der flussnahen Ökosysteme in Flussauen, die von extremen Überschwemmungen betroffen sind

2010

Doktorarbeit: Die Verwendbarkeit von Proxydaten in der Hydrologie. Rekonstruktion der Scheitelabflussreihe der Moldau in Prag für den Zeitraum 1118-2002

Transnationale Hochwassergeschichte am südlichen Oberrhein

Johannes Schönbein, Rüdiger Glaser, Iso Himmelsbach
und Brice Martin

1 Einleitung

Die historische Hochwasserforschung hat sich in den vergangenen Jahren an der Seite der historischen Klimatologie als ein innovatives Themenfeld im wissenschaftlichen Methodenkanon etabliert. Wesentliche Inhalte sind die Rekonstruktion von Hochwasserereignissen, die sich vor dem Zeitabschnitt regelmäßiger Messungen ereigneten, die Analyse deren witterungsklimatischer Auslöser sowie die Darstellung von Auswirkungen im Sinne der Klimafolgenforschung. Damit bildet dieser Themenkreis wesentliche Inhalte des Hochwasserrisikomanagements ab. So wurden im Rahmen des transnationalen Forschungsvorhabens Transrisk (DFG-Fördernummer Gl 358/5-1) neben einer umfassenden Hochwasserchronologie des Zeitraums zwischen 1480 und 2007 auch Rekonstruktionen schwerer Hochwasserereignisse der französischen und deutschen Rheintributäre im untersuchten Oberrheingebiet zwischen Basel und Straßburg erarbeitet.

Die erhobenen Daten ermöglichen nicht nur einen verlässlichen Einblick in die regionale Hochwassergeschichte dieser Region, sondern geben Auskunft über die meteorologischen Auslöser und deren temporale Verteilung.

Sekundär erhobene Daten über flussbauliche Maßnahmen, zu Hilfs- und Mitigationsstrategien und den jeweiligen zeitgebundenen Reaktionen der Bevölkerung eröffnen ein breites Spektrum der Wahrnehmungsmuster, gesellschaftlicher Interpretationen und Reaktionen und lassen damit Rückschlüsse auf die Vulnerabilität und Resilienz der betrachteten Gesellschaften zu.

2 Die historische Hochwasserforschung als Werkzeug

Basierend auf schriftlichen und gegenständlichen Quellen verfolgt die historische Klimatologie und die historische Hochwasserforschung das Ziel, das Klima, dessen Veränderung und Extreme sowie dessen Manifestation in Form der Abflussspende oder des Pegels von Gewässern in der Vergangenheit zu rekonstruieren. Dafür kann auf einen breiten Quellenfundus, der von Hochwassermarken über Inschriften, bildliche Darstellungen und Chroniken bis zu Tagebucheinträgen und Zeitungsberichten reicht und in einzelnen Fällen auch frühe Pegeldata umfasst, zurückgegriffen werden. Unabdingbar für die Bewertung dieser in sehr unterschiedlichen Kontexten entstandenen und potenziell subjektiv geprägten Aussagen ist ihre quellen-

kritische Analyse (vgl. PFISTER 1985, BRAZDIL et al. 2002, GLASER 2008). Als wesentliches Charakteristikum der historischen Klimatologie und damit auch der historischen Hochwasserforschung kann gelten, dass sie einen hermeneutischen Weg zu naturwissenschaftlichen Inhalten verfolgt.

Diese Art des Umgangs mit dem Quellenmaterial, das auf unmittelbaren Beschreibungen eines Ereignisses basiert und darüber hinaus auch Auswirkungen auf die Gesellschaft berücksichtigt, spiegelt sich u. a. in der Klassifikation, mit der Hochwasserereignisse analysiert und bewertet werden, wider (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1

Klassifikationssystem von Hochwasserereignissen für eine synoptische Bewertung auf der Makroebene (verändert und ergänzt nach STURM et al. 2001)

K l a s s e	Klassifikation (Intensität und räumliche Dimension)	Primäre Indikatoren (Schadensbilder)	Sekundäre Indikatoren (zeitl. Struktur)	Tertiäre Indikatoren (Mitigation)
1	Kleines regionales Hochwasser	Geringer Schaden z. B. an ufernahen Feldern und Gärten; Wegführen von ufernah gelagerten Holzvorräten.	Kurze Überflutung	Kleinere Hilfsmaßnahmen auf lokaler Ebene, Nachbarschaftshilfe.
2	Überdurchschnittliches Hochwasser	Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken und ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc.; Wasser in Gebäuden. Schwere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, Verlust von Vieh, u. U. Menschenverluste. Morphodynamische Prozesse wie Sedimentverlagerungen.	Überflutung mittlerer Dauer - bis wenige Tage	Koordinierte Hilfsmaßnahmen i. d. R. durch oder unter Beteiligung übergeordneter Einrichtungen. Überregional ausgerufene Kollekten und Spenden.
3	Überdurchschnittliches überregionales Hochwasser katastrophalen Ausmaßes	Schwere Schäden an wasserbezogenen Bauten und Einrichtungen wie Dämmen, Wehren, Stegen und Brücken sowie ufernah gelegenen Gebäuden wie Mühlen etc.; z. T. völlige Zerstörung und Hinwegführen von Gebäuden. Schwere Schäden an ufernahen Feldern und Gärten, großer Verlust von Vieh, Menschenverluste. Z. T. nachhaltige morphodynamische Prozesse wie schwere Unterspülungen, Uferabrisse, Laufveränderungen etc.	Längere, mehrere Tage oder Wochen andauernde Überflutung.	Überregionale, koordinierte Maßnahmen nationaler Dimension. Ereignis führt zu länger anhaltendem Diskurs um Sicherheit und Prävention. Folge u. a. Innovation der Schadensprävention, techn. Maßnahmen wie Dammbauten oder -erhöhung. Ereignis nachhaltig im Langzeitgedächtnis verankert, dient langfristig als Bezugsgröße.

Derartige Klassifizierungsschemata sind differenziert genug, um kleine, mittlere und schwere Hochwasserereignisse voneinander trennen zu können, wobei neben den Schadensbildern auch die Andauer der Überflutung und die Mitigationsmaßnahmen als Bewertungsmaßstab herangezogen werden. Der Hochwasserindex der Flüsse Ill und Kinzig, der im Folgenden unter Abb. 2 dargestellt ist, wurde nach dem oben beschriebenen Schema abgeleitet.

Die Verteilung der aus historischen Quellen abgeleiteten Klimainformationen zeigt für Mitteleuropa mittlerweile eine beeindruckende räumlich-zeitliche Dichte, so dass hochaufgelöste Hochwasserchronologien der letzten 500-1000 Jahre für viele Flusseinzugsgebiete vorgestellt werden können (GLASER et al. 2010; GLASER & STANGL 2003). Ein Großteil dieser Daten ist in der virtuellen Forschungsumgebung www.tambora.org erfasst und nachhaltig archiviert und kann über interaktive Module analysiert und ausgewertet werden.

3 Ergebnisse aus dem Projekt Transrisk

Im Rahmen des Forschungsvorhabens Transrisk wurde das Hochwasserauftreten von insgesamt 15 Rheinzufüssen zwischen Basel und Straßburg untersucht, die in den französischen Départements Haut- und Bas-Rhin und dem Regierungsbezirk Freiburg des Landes Baden-Württemberg liegen.

Betrachtet man ausschließlich den Ort des Auftretens der gehobenen Hochwasserereignisse, lassen sich fünf räumliche Ausbreitungsmuster der Hochwasserereignisse unterscheiden, die jeweils auf unterschiedliche meteorologische Steuerungen zurückzuführen sind. Extern gesteuert sind Hochwasserereignisse, die lediglich den Rhein betrafen, wie beispielsweise im Juli 1343, Juni 1876, September 1881 oder Juli 1910 (MARTIN et al. 2011). Ein zweiter Typ betrifft den Rhein und gleichzeitig alle Nebenflüsse des Untersuchungsgebietes, wie im Juli 1480, im Dezember 1882 oder Januar 1910. Aus historischer Perspektive ist es dieser Typus, bei dem die Hochwasserereignisse die größte räumliche Ausdehnung hatten und bei denen die schwersten Schäden zu verzeichnen sind. Ein dritter Typ betrifft nur die westlichen Tributäre des Oberrheins. Typ 4 ist demgegenüber nur ein Auftreten von Hochwasserereignissen der rechtsrheinischen Nebenflüsse des Untersuchungsgebietes charakterisiert. Ein Beispiel für ein solches Ereignis war zuletzt das Hochwasser von Dezember 1991. Von regionaler Bedeutung ist auch Typ 5, der dadurch gekennzeichnet ist, dass ausschließlich die Nebenflüsse links und rechts des Rheins Hochwasser führen, nicht aber der Rhein selbst, wie dies im Mai 1872, Februar 1877, März 1896, Dezember 1919, Dezember 1947 oder April 1983 der Fall war.

Quantifiziert und bilanziert man die aus den Hochwasserbeschreibungen direkt ableitbaren meteorologischen Hochwasserursachen über den Beobachtungszeitraum (siehe Abb. 1), so wird deutlich, dass an den Tributären des Oberrheins Schneeschmelzereignisse – oft in direktem Zusammentreffen von Regen auf Schnee – die häufigste Hochwasserursache darstellen. Im Vergleich des gesamten Untersuchungszeitraumes mit den letzten fünf Jahrzehnten zeigt sich keine signifikante Veränderung des Auftretens von Schneeschmelzereignissen als Hochwasserursache. Von Dauerregen ausgelöste Hochwasserereignisse stellen die zweithäufigste Hochwasserursache dar. Die besonders im Zusammenhang mit der Intensivierung des hydrologischen Kreislaufes als Folge eines sich wandelnden Klimas diskutierten Niederschlags-

eignisse extremer Intensität sind im Untersuchungsgebiet die dritthäufigste Hochwasserursache. Interessant ist, dass hier für die Mehrzahl der untersuchten Tributäre eine deutliche Zunahme von durch Starkregen ausgelösten Hochwasserereignissen in jüngerer Zeit zu beobachten war. In wie weit diese Veränderung jedoch eine Folge natürlicher Variabilität oder Folge des sich wandelnden Klimas ist, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht eindeutig geklärt werden. Entgegen der von GLASER et al. (2010) für die mitteleuropäischen Hauptflüsse beschriebenen Ursachenhäufigkeiten spielte „Eisgang“ als Hochwasserursache der untersuchten Tributäre nur eine sehr untergeordnete Rolle und trat in den vergangenen fünf Jahrzehnten nicht mehr als Hochwasserursache in Erscheinung.

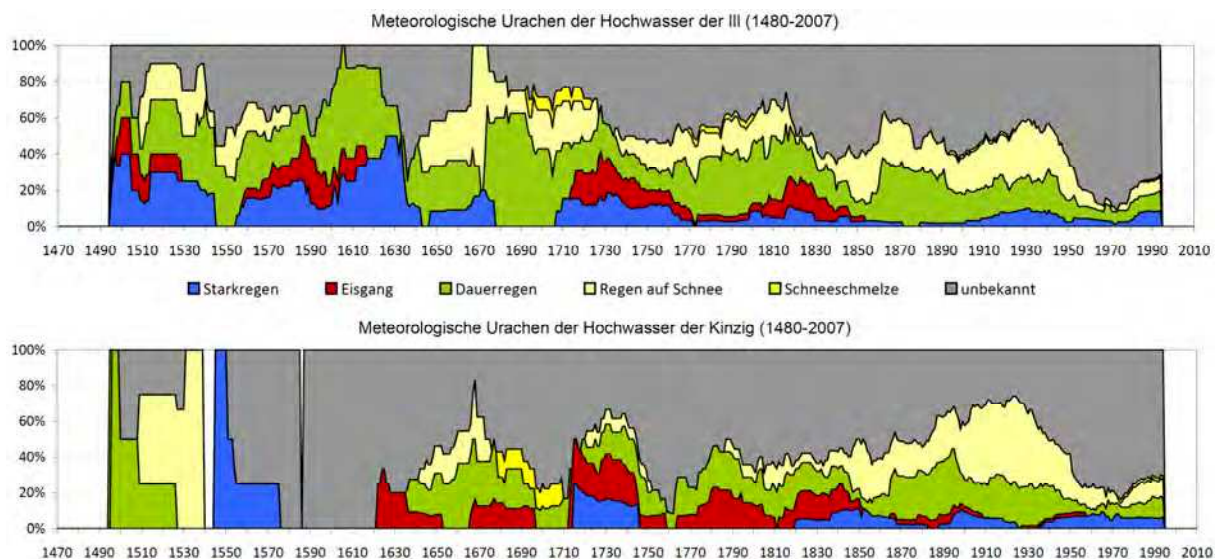


Abb. 1: Meteorologische Ursachen des Hochwassergeschehens an Ill und Kinzig basierend auf der Auswertung historischer Quellen und Messdaten von 1480-2007 (verändert nach HIMMELSBACH 2012).

An der Darstellung der entsprechend ihrer Intensität indizierten Hochwasserereignisse im Untersuchungsgebiet lassen sich, wie an den stellvertretend gezeigten Hochwasserreihen von Ill und Kinzig (siehe Abb. 2) erkennbar ist, Phasen mit einem gesteigerten und Phasen mit vermindertem Hochwasserauftreten nachvollziehen. So zeigt der Zeitraum zwischen etwa 1580 und 1650 eine eher hochwasserarme Phase, während im 19. Jahrhundert eine eher hochwasserreiche Phase beobachtet werden kann. Interessanterweise korrelieren beide Beobachtungen an den untersuchten Tributären mit der von GLASER et al. (2010) veröffentlichten Beobachtung an hauptsächlich mitteleuropäischen Hauptflüssen. Hier erhärtet sich die These, dass auf kontinentaler Raumscale wirksame, natürliche Veränderungen des hydrologischen Kreislaufs eine Rolle spielten. Ebenso interessant ist die Beobachtung, dass wohl für die gering mächtigen Hochwasserereignisse an den untersuchten Tributären ein deutliches Datensignal feststellbar ist, sich dieses jedoch bei den mittleren und v. A. bei den starken Hochwasserereignissen nicht, oder nur in sehr untergeordnetem Maße zeigt, und damit sowohl die Qualität der erhobenen Daten unterstreicht als auch die These der historischen Hochwasserforschung bekräftigt, dass je einschneidender ein Ereignis aus historischer Zeit gewesen war, desto sicherer darüber auch Hinweise in genügender Dichte tradiert worden sind, sodass solche Ereignisse heute auch entsprechend dokumentiert werden können.

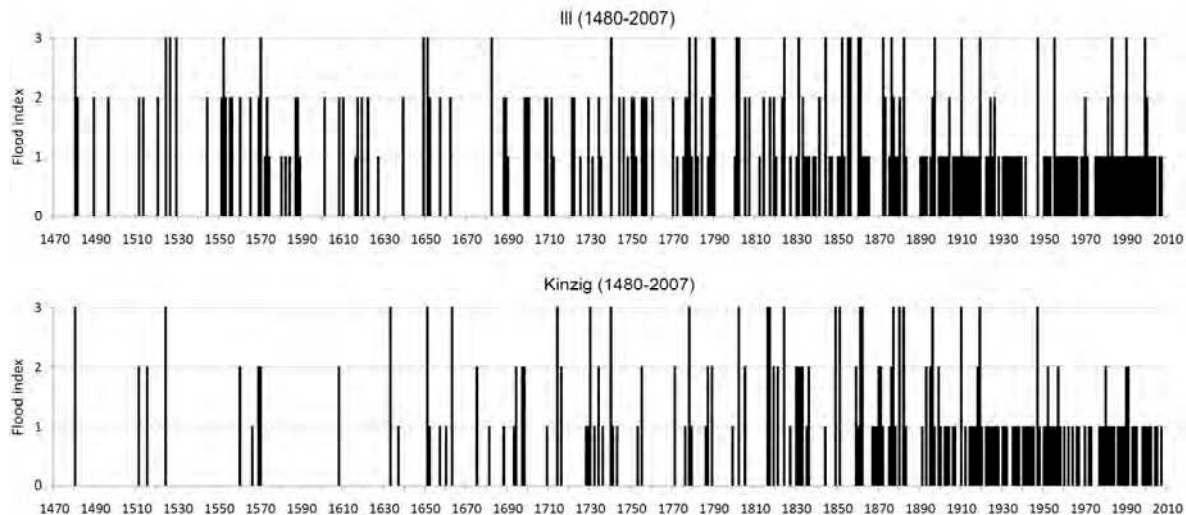


Abb. 2: Hochwasserhäufigkeiten und Intensitäten an Ill und Kinzig basierend auf der Auswertung historischer Quellen und Messdaten von 1480-2007 (verändert nach HIMMELSBACH 2012).

Über die Darstellung von Hochwasserhäufigkeit und -frequenzen hinaus erlaubt die hohe räumliche und zeitliche Auflösung der gehobenen Daten eine Darstellung der Hochwasserereignisse und deren Auswirkungen an unterschiedlichen Abschnitten eines Gewässers, wie Abb. 3 am Beispiel der Ill demonstriert. Anhand dieser Daten ist es möglich, die Auswirkungen von Hochwasserschutzmaßnahmen nachzuvollziehen und zu bewerten. So zeigt die Darstellung, dass erste Hochwasserschutzmaßnahmen in Mulhouse aus den Jahren 1833 und 1849 die Stadt nicht nennenswert von den Auswirkungen schadenbringender Hochwasserereignisse schützen konnten. Nach der Überarbeitung des Hochwasserschutzkanals im Jahre 1867 führten sogar Hochwasser zu einem erheblichen Schaden in der Stadt, die im weiteren Verlauf der Ill nur geringen Schaden anrichteten. Hier zeigt sich, dass die ergriffenen Maßnahmen kontraproduktive Auswirkungen auf den Hochwasserschutz von Mulhouse hatten. Erst mit der erneuten Überarbeitung des Hochwasserschutzkanals im Jahr 1905 konnte ein befriedigender Schutz implementiert werden, der im Folgenden bis auf das Ereignis des Jahres 1924 die Stadt zuverlässig vor größeren Schäden schützte.

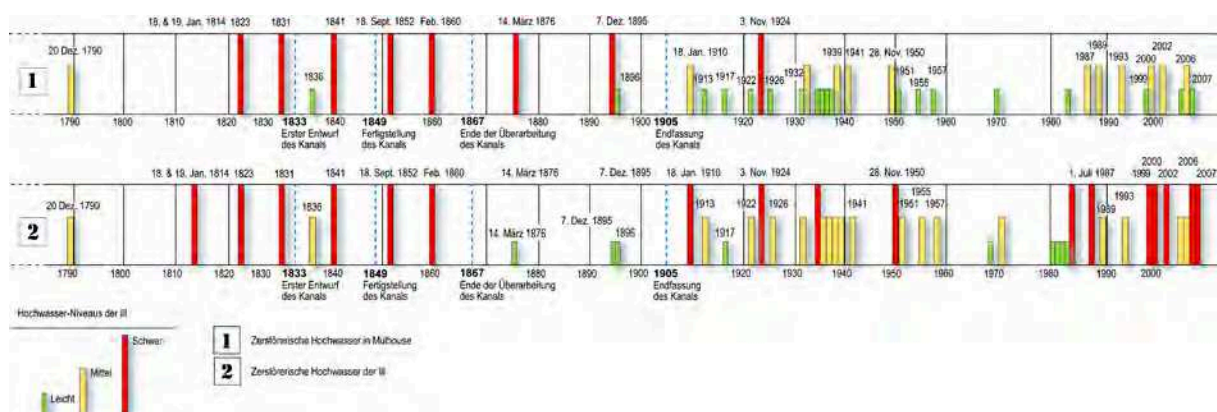


Abb. 3: Hochwässer und Schadensfälle an der Ill. Ein Vergleich zwischen dem Stadtgebiet von Mulhouse und dem Umland im Bezug zu den Hochwasserschutzmaßnahmen, die in Mulhouse ergriffen wurden (verändert nach MARTIN 2011).

Für eine solche Bewertung von Hochwasserschutzmaßnahmen spielen Informationen, die über die reinen Pegelwerte hinausgehen, eine grundlegende Rolle. Detaillierte Beschreibungen der von den Hochwasserereignissen verursachten Schäden sind ein Charakteristikum schriftlicher Quellen. Dieses Beispiel veranschaulicht eine weitere Anwendung der in historischen Informationen zu Hochwasserereignissen hinterlegten Informationen, die über die reine Stärke und Höhe des Ereignisses hinausgehen und in Ergänzung zu Pegeldaten wichtige Erkenntnisgewinne ermöglichen.

Über die Analyse von Schadensbildern hinausgehend konnten bereits GRÜNEWALD (2010) oder SEIDEL & BARDOSSY (2010) klar demonstrieren, welchen Stellenwert die aus historischen Quellen gewonnen Hochwasserdaten für die Abschätzung von Wiederkehrzeiten haben. Am Beispiel der Abflussmenge des Dresdener Hochwassers von 2002 zeigte GRÜNEWALD, dass dieses Ereignis unter Berücksichtigung der Periode, für die Pegeldaten zur Verfügung stehen (1936-2001) eine statistischen Wiederkehrwahrscheinlichkeit von 450-600 Jahren aufweist, wenn man die Referenzperiode jedoch auf die Jahre 1879-2002 ausweitet, die Jährlichkeit des Ereignisses auf ein ca. 120-jähriges Intervall sinkt. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass die moderne Abschätzung von Extremhochwassern stark durch die Länge der gewählten Referenzperiode beeinflusst wird und als reines statistisches Konstrukt betrachtet werden kann.

4 Weiterführend lässt sich sagen...

Für die Problematik des weiterführenden Hochwassermanagements und der Hochwasserrisikoanalyse ist es wichtig, die Frage nach der Wahrnehmung, der Bewertung, der öffentlichen Akzeptanz und des Erinnerungsvermögens einer Gesellschaft festzuhalten. Dieses *longterm memory* kann durch zahlreiche Einrichtungen wie Hochwassermarken, aber auch durch Ausstellungen, Museen oder Hochwasserpfade stimuliert werden und zukünftig in dem umfassenden Diskurs und der Notwendigkeit von partizipativen Strukturen um Hochwasserschutzmaßnahmen und Aufklärung der Bevölkerung eine wichtige Rolle spielen. Gerade im Rahmen der historischen Hochwasserforschung abgeleitete Langzeitanalysen und Erkenntnisse helfen dem Verständnis von Klimaveränderung und Änderung des Hochwassergeschehens erheblich nach und können somit über den wissenschaftlich-technischen Aspekt hinaus ihren Teil zum Diskurs um Hochwasserschutz und Klimawandel beitragen.

Literatur

BRAZDIL, R., R. GLASER, C. PFISTER AND H. STANGL (2002): Floods in Europe. A look into the Past. PAGES News, 21-23.

GLASER, R. (2008): Klimageschichte Mitteleuropas. 1200 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Darmstadt: Primus Verlag.

GLASER, R. & H. STANGL (2003): Historical floods in the Dutch Rhine Delta. Natural Hazards and Earth System Sciences 3, 605-613.

- GLASER, R., D. RIEMANN, J. SCHÖNBEIN, M. BARRIENDOS, R. BRAZDIL, C. BERTOLIN, D. CAMUFFO, M. DEUTSCH, P. DOBROVOLNY, A. VAN ENGELEN, S. ENZI, M. HALICKOVA, S. KOENIG, O. KOTYZA, D. LIMANOWKA, J. MACKOVA, M. SGHEDONI, B. MARTIN & I. HIMMELSBACH (2010): The Variability of European Floods Since AD 1500. In: *Climatic Change* 101, 235–256.
- GRÜNEWALD, U. (2010): Zur Nutzung und zum Nutzen historischer Hochwasseraufzeichnungen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 2, 85-91.
- HIMMELSBACH, I. (2012): Erfahrung – Mentalität – Management Hochwasser und Hochwasserschutz an den nicht-schiffbaren Flüssen im Ober-Elsass und am Oberrhein. Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- MARTIN, B., R. ANSEL, O. GUERROUAH, M.-C. VITOUX, L. WITH, A. DRESCHER, R. GLASER, I. HIMMELSBACH, J. SCHÖNBEIN (2011): Géohistoire critique de la crue de janvier 1910 dans le Fossé Rhénan (Alsace / Pays de Bade). *La Houille Blanche* 1, 62-68.
- PFISTER, C. (1985): *Klimageschichte der Schweiz 1525-1860* Bern, Stuttgart.
- SEIDEL, J. & A. BARDOSSY (2010): Berücksichtigung von historischen Hochwasserereignissen in der Extremwertstatistik. In: *Geographische Rundschau* 62, 42-47.
- STURM, K., R. GLASER, J. JACOBET, M. DEUTSCH, R. BRÁZDIL, C. PFISTER, J. LUTERBACHER AND H. WANNER (2001): Hochwasser in Mitteleuropa seit 1500 und ihre Beziehung zur atmosphärischen Zirkulation. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 145, 18-27.



Kontakt:

Dr. Johannes Schönbein

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Physische Geographie (IPG)
Werthmannstraße 4
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 203 3526
Fax: 0761/ 203 3596
E-Mail: ipg@geographie.uni-freiburg.de

Jahrgang: 1972

2002

Abschluss des Studiums der Geographie, Meteorologie und Geologie (MSc) an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

seit 2007

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Physische Geographie Freiburg

Mitarbeit an **Projekten** zur

- winterlichen Schneedeckenentwicklung in den deutschen Mittelgebirgen
- zum ökonomischen Impact von Dürren in Europa
- zur Rekonstruktion des historischen Hochwassergeschehens in Mitteleuropa
- zur Rekonstruktion historischer Klimainformationen in Damaskus/Syrien

2011

Promotion zur Hochwasserrekonstruktion aus holz-anatomischen Parametern und historischen Quellen

Prof. Dr. Rüdiger Glaser, Iso Himmelsbach

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Physische Geographie (IPG)

Dr. Brice Martin

CRESAT-Université de Haute-Alsace
Mulhouse, France

Unsicherheiten unseres Wissens über vergangene hydrologische Extremereignisse

Manfred Mudelsee

Jedes Wissen über alle Bereiche der Natur ist nicht vollkommen sicher. Die Sprache der Statistik dient der Verständigung in allen derartigen Situationen, wo es im weitesten Sinn um Daten, Zahlen und Quantifizierung geht. Die Unsicherheit in Daten und gemachten Annahmen pflanzt sich fort in eine Unsicherheit des Ergebnisses.

Bessere statistische Verfahren erzielen aus der gleichen Datensituation genauere Ergebnisse (Abb. 1). Bessere statistische Verfahren sind ebenfalls weniger stark beeinflusst bei Verletzung gemachter Annahmen (Abb. 2), das heißt: sie sind robust. Ergebnisse hoher Genauigkeit und starker Robustheit sind die Basis für bessere Entscheidungen. Häufig jedoch stehen Genauigkeit und Robustheit in einem gewissen Gegensatz. Dieser Beitrag erwägt Unsicherheitsquellen bei der Analyse hydrologischer Extreme in der Vergangenheit und gibt Hinweise für die Wahl geeigneter statistischer Verfahren.

1 Instrumentelle Periode

In der unmittelbar zurückliegenden Vergangenheit, der instrumentellen Periode, verwendete man Messgeräte in regelmäßigen Zeitabständen (Tage, Monate). Derartige systematische hydrologische Messungen reichen typischerweise bis in das frühe 19. Jahrhundert zurück. Die Unsicherheit beim Ablesen des Hochwasserstandes (W) ist sicherlich vorhanden, und sie geht auch ein in die Unsicherheit von abgeleiteten Hochwasserabflusswerten (Q). Einen größeren Anteil an der Abflussunsicherheit haben jedoch die Ungenauigkeiten in der Wasserstands-Abfluss-Kurve (Vorträge Helms, Weingartner). Die W - Q -Kurven ändern sich zeitlich wegen Geometrieänderungen (etwa in Folge eines Hochwassers), und die funktionelle Form der W - Q -Kurve (linear, polynomisch, exponentiell usw.) ist theoretisch ungesichert. Das geeignete statistische Verfahren hier ist die Errors-in-Variables-Regression, welche Messfehler sowohl in W als auch in Q berücksichtigt; eventuell ist auch eine nicht-parametrische Regressionsvariante davon nützlich. Zu allen empfohlenen, hier unterstrichen aufgeführten Verfahren, siehe MUDELSEE (2010).

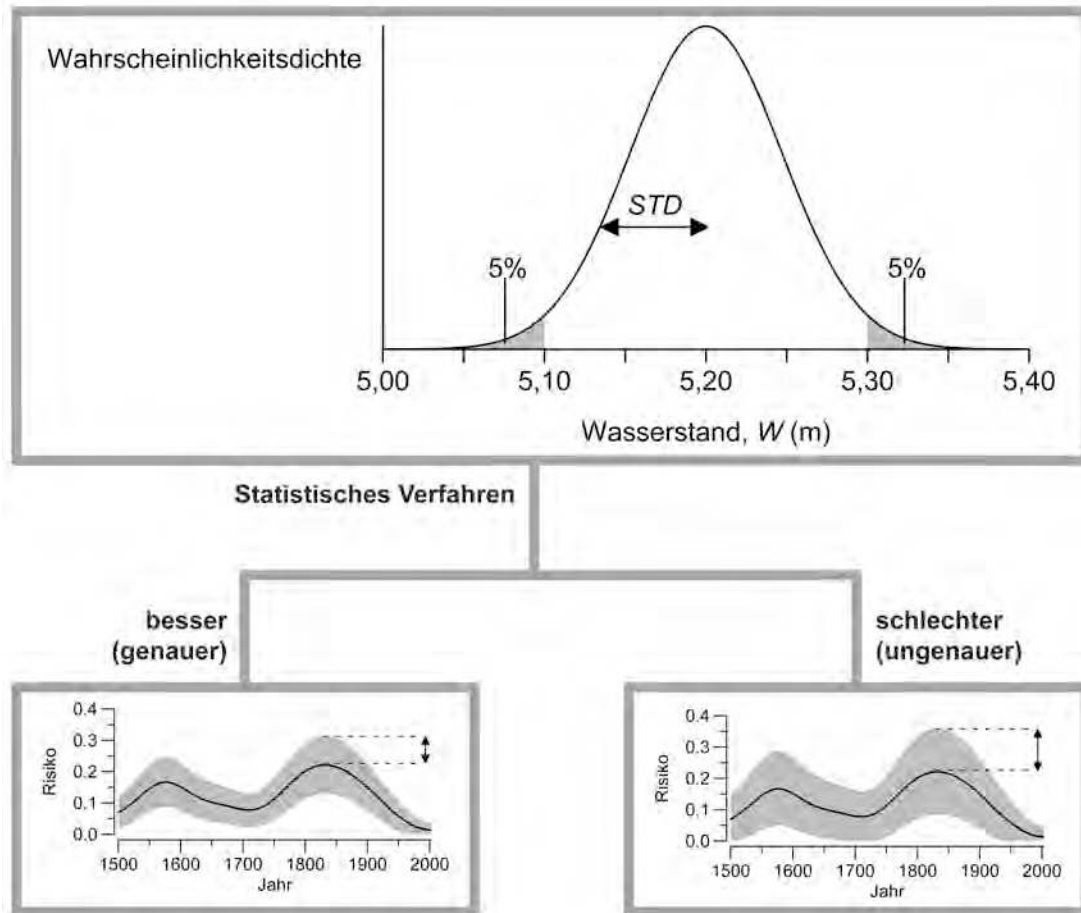


Abb. 1: **Oben:** Datenunsicherheit (hypothetisches Beispiel): Gauß'sche Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, welche die Unsicherheit einer Messung des Wasserstandes verdeutlicht. Der Messfehler wird durch die Standardabweichung (*STD*) angegeben. Ebenfalls gezeigt ist ein symmetrisches 90%-Konfidenzintervall; der wahre, jedoch unbekannte Wasserstand liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% zwischen 5,10 m und 5,30 m. **Unten links:** Ergebnisunsicherheit (hypothetisches Beispiel): Schätzung des zeitabhängigen Hochwasserrisikos (Wahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit). Der Unsicherheitsbereich (schattiert) um die Risikokurve (durchgezogene Linie) ist ein 90%-Konfidenzband, das mit Hilfe von rechenintensiven Computersimulationen bestimmt werden kann (MUDELSEE 2010). Die Datenunsicherheit pflanzt sich fort in eine Ergebnisunsicherheit. Die Wahl eines besseren statistischen Verfahrens bei der Ergebnisanalyse ist wichtig, weil es genauere Ergebnisse liefert. **Unten rechts:** Ungenaueres Ergebnis eines schlechteren statistischen Verfahrens (hypothetisches Beispiel).

2 Historisch dokumentierte Vergangenheit

Für die weiter zurückliegende Vergangenheit geben historische Dokumente Auskunft über das Hochwassergeschehen. Obwohl es vereinzelt quantitative Aussagen gibt, sind es überwiegend qualitative Aussagen, welche den historischen Klimatologen zwingen, die Genauigkeit zu reduzieren und lediglich die Ereignisstärke einzuschätzen. Üblicherweise, und diesem Problem angemessen, werden drei Stärkeklassen (1: schwach, 2: normal, 3: stark) an Hochwassern betrachtet. Dieses – statistische – Verfahren der Klassifizierung (Vorträge Deutsch,

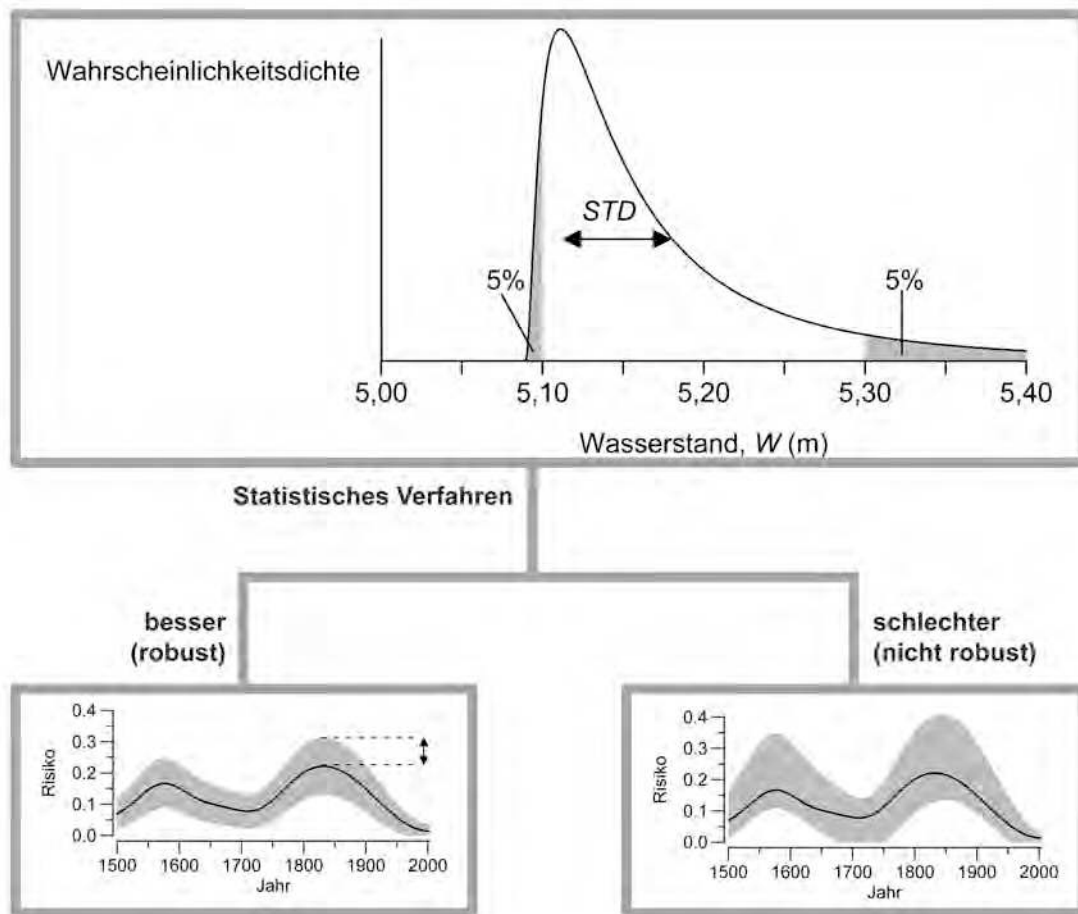


Abb. 2: **Oben:** Schiefe Verteilung des Wasserstands (hypothetisches Beispiel), welche die Verletzung der Annahme der Gauß-Verteilung (Abb. 1) illustrieren soll (bei zu Abb. 1 identischer Standardabweichung). **Unten links:** Bei Verwendung eines robusten Verfahrens ist die Schätzung nur wenig beeinflusst (vgl. Abb. 1 unten links) durch die Verletzung der Annahmen. **Unten rechts:** Ein nicht robustes Verfahren kann Ergebnisse und Unsicherheiten liefern, welche mit der Realität nicht viel gemein haben (hypothetisches Beispiel).

Elleder, Schönbein, Weingartner) geht einher mit einer erhöhten Robustheit. Die gravierendste Unsicherheitsquelle bei historischen Hochwasseruntersuchungen ist jedoch Dokumentenverlust. Je weiter zurück ein Ereignis, je räumlich kleiner eine Untersuchung, desto größer ist die Gefahr, dass (1) überhaupt keine Beobachter zur Stelle waren, (2) vorhandene Beobachter das Ereignis dann nicht schriftlich aufgezeichnet haben, (3) solche unmittelbaren schriftlichen oder mündlichen Aufzeichnungen schließlich keinen Eingang gefunden haben in die weitere Literatur (Erfindung des Buchdruckes in Europa um 1460) – das Analyseergebnis bildet diese Unsicherheitsquelle ab zum Beispiel als ein verfälschtes, zu niedriges Hochwasserrisiko. Hier helfen statistische Verfahren höchstens bei der Aufdeckung (etwa Ergebnisvergleich Stärkeklassen 1 - 2 - 3); entscheidend ist eine kontinuierliche, kritische Verbesserungsarbeit mit den historischen Quellen und eine bewusste Beschränkung auf Interpretationszeiträume, für die auch belastbare Ergebnisse erzielt werden können (Beiträge Deutsch, Weingartner). Für manche Flüsse überlappen sich die Zeiträume instrumentell-historisch, und dies eröffnet die Möglichkeit, mit dem Verfahren der Kalibrierung beide Datensätze einander gegenüberzustellen und eine semi-quantitative Einschätzung vorzunehmen.

3 Statistische Analyse

Auf der Datengrundlage analysiert man quantitativ das, was einen eben interessiert, vielleicht den hundertjährigen Abflusswert (HQ_{100}) oder den Zeitverlauf des Hochwasserrisikos. Es ist zuerst notwendig, mit dem besten statistischen Verfahren zu arbeiten, das einerseits robust und andererseits genau ist (Abb. 1, 2). Eigene positive Erfahrungen empfehlen für die Risikoanalyse die nicht-parametrische Methode der Kernschätzung mit Bootstrap-Simulationen: Der vergangene Hochwasserrisikoverlauf sollte nicht in ein „parametrisches Prokrustesbett“ gezwungen werden. Die Kernschätzung ist auch anwendbar auf historische Ereignisse in Stärkeklassen – parametrische Verfahren wie das Anpassen von Extremwertverteilungen mit zeitabhängigen Verteilungsparametern würden hier an ihre Grenze stoßen.

Die oft interessanteste Analysearbeit kommt aus eigenem, kritischem Hinterfragen des Ergebnisses, etwa nach nicht berücksichtigten Einflüssen auf die Hochwasserrisikokurven. Generell hilfreich in solchen Situationen sind Methoden der Sensitivitätsanalyse. Eigenes Beispiel: MUDELSEE et al. (2003, 2004) untersuchten, ob die Risikotrends für Elbe-Hochwasser beeinflusst sind durch den Bau von Reservoirs (der nennenswert um das Jahr 1900 einsetzte). Das Vorhandensein des heutigen Reservoirvolumens in der Vergangenheit hätte es theoretisch gestattet, den Hochwasserscheitel zu senken (und beispielsweise aus einem Ereignis der Stärke 2 eines der Stärke 1 zu machen). Dazu nahmen wir die Ganglinien (Tageswerte Elbe bei Dresden seit 1852) und „kappten“ dementsprechend die Scheitel und konstruierten neue Hochwasserchronologien. Ergebnis war: Trends im Auftreten der starken Ereignisse (Klassen 2 - 3) ändern sich nicht – sie sind mithin robust gegenüber dem zeitabhängigen Reservoirvolumen; Trends im Auftreten der schwachen Ereignisse (Klasse 1) jedoch sind nicht robust. Das Arbeitsgebiet der Sensitivitätsanalysen ist ideal für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit, treffen hier doch hydrologisches Fachwissen und statistisch-methodische Fertigkeiten aufeinander.

Literatur

- MUDELSEE, M. (2010): Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods. Springer, Dordrecht, 474 S.
- MUDELSEE, M., M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF, U. GRÜNEWALD (2003): No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. *Nature*, 425, 166-169.
- MUDELSEE, M., M. BÖRNGEN, G. TETZLAFF, U. GRÜNEWALD (2004): Extreme floods in central Europe over the past 500 years: Role of cyclone pathway “Zugstrasse Vb“. *Journal of Geophysical Research*, 109, D23101, doi: 10.1029/2004JD005034.



Kontakt:

Dr. Manfred Mudelsee

Climate Risk Analysis

Schneiderberg 26

30167 Hannover

Tel.: 0511/ 7003 2891

Fax: 0511/ 7003 2892

E-Mail:

mudelsee@climate-risk-analysis.com

www.climate-risk-analysis.com

seit 2005

Chief Executive Officer, Climate Risk Analysis –
Manfred Mudelsee e. K., Hannover, Deutschland

seit 2007

Gastwissenschaftler/wiss. Mitarbeiter, Alfred-
Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung,
Bremerhaven, Deutschland

1999 - 2007

Wiss. Mitarbeiter, Institut für Meteorologie, Uni-
versität Leipzig, Deutschland

2003 - 2004

Gastgelehrter, Department of Earth Sciences, Bos-
ton University, USA

1997 - 1999

Marie Curie Research Fellow, Institute of Mathe-
matics and Statistics, University of Kent, Großbri-
tannien

1996

Promotion (Hauptfach Geologie, Nebenfächer Phy-
sik und Philosophie), Universität Kiel, Deutschland

Beobachtete Entwicklung extremer Niedrigwasserereignisse in Mitteleuropa

Maria Larina und Peter Krahe

1 Einleitung

Die Auswertung hydrologischer und hydroklimatischer Ereignisse der vorangegangenen Jahrhunderte liefert insbesondere hinsichtlich von Extremen wertvolle Informationen zur Bewertung aktueller Ereignisse. So gab es beispielsweise in jüngster Vergangenheit in Mitteleuropa eine Vielzahl derartiger Ereignisse, wie z. B. das bis heute andauernde gehäufte Auftreten von extremen Hochwasserereignissen seit Mitte der 90er-Jahre des 20. Jahrhunderts, oder die ausgeprägten Hitzewellen und Trockenperioden in West- und Mitteleuropa in den Jahren 2003 und 2006, die zumindest in 2003 an vielen Flüssen länger anhaltende Niedrigwasserperioden auslösten. Hierzu zählt auch die Niedrigwasserperiode im Frühjahr 2011, die direkt im Anschluss an Schneeschmelzhochwasser in mehreren Flussgebieten zu Beginn des Jahres folgte.

Eingetretene historische Extremereignisse bieten darüber hinaus eine wichtige Grundlage zur Einordnung der mit komplexen Modellketten der Klimafolgenforschung simulierten möglichen zukünftigen Entwicklungen im Abflussregime in Folge des globalen vom Menschen verursachten Klimawandels.

Während historische und prähistorische Hochwasser bereits intensiv dokumentiert sind (vgl. HERGET 2012), wurden historische Niedrigwasserperioden bisher vergleichsweise wenig untersucht. Dies mag darin begründet sein, dass Niedrigwasserereignisse nicht so spektakulär wie Hochwasserereignisse sind, und meistens nicht mit gewaltigen menschenbedrohlichen Schäden verbunden sind. Dennoch rufen Niedrigwasser seit alters her große wirtschaftliche Schäden, wie z. B. die Behinderung der Schifffahrt und der vom Gütertransport abhängigen Wirtschaftszweige sowie bei der Energiegewinnung hervor. In der Frühzeit beruhte dies auf der Einschränkung der Mühlen durch ein verringertes Wasserdargebot, während in der Neuzeit ökologische Schäden durch die von Wärmekraftwerken in Niedrigwasserperioden erhöhte thermische Belastung der Fließgewässer befürchtet werden.

Der Ausarbeitung einer Methodik zur Quantifizierung der historischen oftmals unscharfen Informationen kommt dabei eine große Bedeutung zu. Es hat sich gezeigt, dass das Instrumentarium einer Klassifizierung und Indizierung der deskriptiven Informationen auch für das Monitoring der aktuellen hydrologischen Situation herangezogen werden kann.

An Hand von Beispielen historischer extremer Niedrigwasserextreme im Rheingebiet aus der vorinstrumentellen Periode (1000 n. Chr. bis 1810) und einer räumlich integrierenden Zusammenschau der Niedrigwasserereignisse in den Einzugsgebieten Mitteleuropas (Donau, Rhein, Weser, Ems, Elbe und Oder) für die instrumentelle Periode (1851 bis heute) werden einige der o. g. Aspekte beleuchtet.

2 Niedrigwasserkennwerte

Niedrigwasser beschreibt eine über mehrere Tage bis hin zu Monaten andauernde Gewässersituation, bei der der Abfluss oder der Wasserstand einen definierten Schwellenwert unterschreitet (DVWK 1983). Sie treten als Folge von lang anhaltenden Trockenperioden auf, wobei im Sommer und Herbst ein verringertes Niederschlagsdargebot und eine erhöhte potenzielle Verdunstung die maßgeblichen Faktoren sind, während sie im Winter vornehmlich auf eine trocken-kalte Witterung („Strengwinter“) zurückgeführt werden können.

Einzelne Niedrigwasserereignisse sind dann unabhängig, wenn zwischen dem Auftreten der Niedrigwasserzeitabschnitte die jährliche Grundwasserneubildungsperiode liegt (DVWK 1983). Als maßgebender Zeitabschnitt wird deshalb der 1. April bis 31. März des Folgejahres (Wasserhaushaltsjahr, WHJ) festgelegt, wobei das Sommerhalbjahr vom 1. April bis zum 30. September und das Winterhalbjahr vom 1. Oktober bis 31. März gezählt wird.

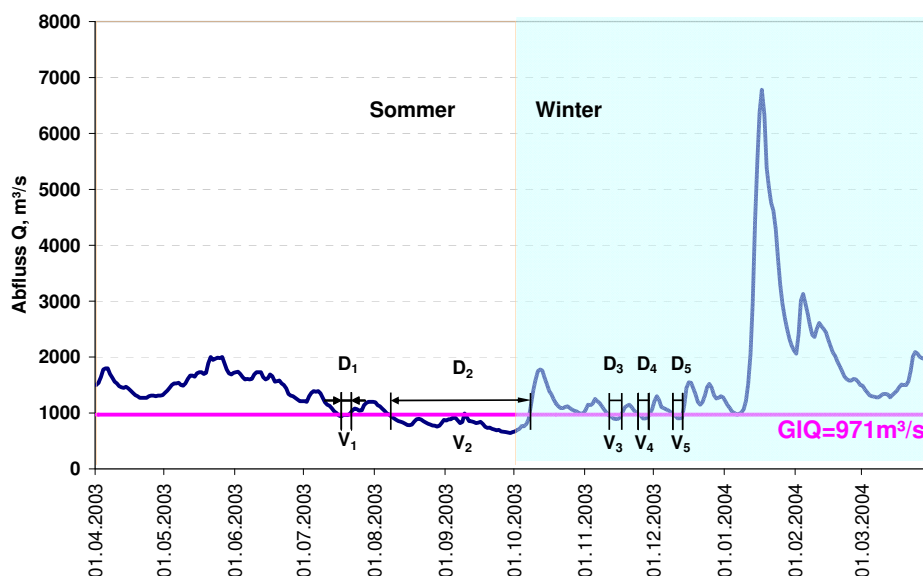


Abb. 1: Abflussganglinie am Pegel Köln für das Niedrigwasserjahr 2003 (Der eingezeichnete Schwellenwert GIQ entspricht dem in Abfluss umgerechneten schiffahrtsrelevanten sog. „gleichwertigen Wasserstand“, GIW)

Jahresbezogene Niedrigwasserkenngrößen (vgl. Abb. 1) sind durch schwellenwertabhängige Größen wie Dauer, Abflussdefizit und Häufigkeit sowie durch über mehrere Tage gemittelte kleinste Tagesabflüsse charakterisiert:

- > **Dauer der Unterschreitung eines Schwellenwertes**
 ΣD in Tagen: Summe der Unterschreitungsdauer des Schwellenwertes innerhalb eines Jahres ($D = D1+D2+D3+D4+D5$). Max D in Tagen: längste Unterschreitungsdauer eines Schwellenwertes Q_s innerhalb eines Jahres
- > **Abflussdefizit**
 ΣV in m^3 : Summe aller Fehlmengen zwischen Schwellenwert und der Ganglinie innerhalb eines Jahres ($V = V1+V2+V3+V4+V5$). Max V in m^3 : größte Fehlmenge zwischen Schwellenwert Q_s und der Ganglinie innerhalb eines Jahres
- > **Häufigkeit**: Anzahl der Unterschreitung des Schwellenwertes innerhalb eines Jahres
- > **Niedrigwasserabfluss** $NM \times Q$ in m^3/s : kleinstes arithmetisches Mittel von x aufeinanderfolgenden Tageswerten des Abflusses innerhalb eines Jahres

Diese Definitionen setzen die Verfügbarkeit von möglichst langen und homogenen Abflusstageswertreihen voraus und können dann für eine Vielzahl wasserwirtschaftlicher Fragen des Niedrigwassermanagements herangezogen werden. Die Annahme der Homogenität ist jedoch nicht ohne Weiteres für die beobachteten, insbesondere der bis ins 19. Jahrhundert zurückreichenden Abflussreihen gegeben. Aber auch bei den heutigen Messreihen gibt es messtechnische Probleme zu beachten. Zudem kommen in neuerer Zeit als weitere Störeinflüsse auch abflussregulierende Maßnahmen in den Einzugsgebieten, wie z. B. Talsperren, Überleitungen, Sumpfungswässer des Bergbaues etc. hinzu. Für die vorinstrumentelle Periode stehen Tageswerte naturgemäß nicht zur Verfügung, ebenso wie es bei der Analyse der mit komplexen Modellketten berechneten Abflussprojektionen eine Vielzahl an Unsicherheitsquellen zu berücksichtigen gilt.

Zur Berücksichtigung der o. g. Beeinträchtigungen, wird deshalb nach neuen Niedrigwasserkennwerten gesucht, die gegenüber den genannten Beeinflussungen robuster erscheinen. Bisher wurden zwei Wege verfolgt. Im ersten Fall wird zunächst der Abflusscharakter eines Kalendermonats über eine Klassifizierungsregel indiziert und darauf aufbauend dann das Wasserhaushaltsjahr hinsichtlich seines Niedrigwassercharakters eingestuft. Hierbei erfolgt auch eine Zuordnung des zeitlichen Auftretens des Ereignisses zum Sommer- oder Winterhalbjahr. Im zweiten Fall beruht die Analyse allein auf dem NM31Q eines Wasserhaushaltsjahres.

Insgesamt wurden 10 Niedrigwasserkennwerte definiert, deren Berechnungsregeln in Tabelle 1 aufgeführt sind. Die Kennwert 1 bis 3 werden dabei zunächst für einzelne Pegel berechnet. Deren Aufsummierung bzw. Auszählung (Kennwerte 4 bis 6) erlaubt dann eine Betrachtung einzelner Regionen und schließlich des gesamten Bundesgebietes.

Allen Klassifizierungen ist gemein, dass die zur Indizierung notwendigen Schwellenwerte auf dem über eine längere Zeitperiode berechneten 10 %-Perzentil des NM31Q beruhen. Dieser Kennwert stellt einen integralen Wert sowohl hinsichtlich der Magnitude (Intensität) als auch der Dauer des Ereignisses dar. Dem Schwellenwert kann eine Eintretenswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit) von ~10 Jahren zugeordnet werden. Diese Unterschreitungswahrscheinlichkeit wurde entsprechend einer von HOHMANN et al. (2003) gegebenen generellen Definition eines Extremereignisses – „Ein Ereignis, das stark von den entsprechenden Durchschnittswerten oder Trends abweicht und außerordentlich ist. Meist ist die Wiederkehrperiode deutlich länger als 10 Jahre“ – gewählt.

Tabelle 1

Übersicht der definierten Niedrigwasserkennwerte auf Monatswertbasis sowie dem NM31Q auf Jahreswertbasis

NW-Kennwert	Klassifizierungsregel	Wert/Einheit
1	NM31Q eines WHJ < Q_Schwellenwert*	„-2“
2	Mindestens ein Monat mit MoMQ eines WHJ < Q_Schwellenwert*	„-2“
3	Kennwert pegelbezogene Dauer	
3.1	Summe der Monate pro Sommerhalbjahr mit MoMQ < Q_Schwellenwert*	n Monate
3.2	wie 3.1, Winterhalbjahr	n Monate
3.3	wie 3.1, WHJ	n Monate
4	Anzahl Pegel einer Region bzw. des Bundesgebietes, die NW-Kennwert 1 erfüllen	n Pegel
5	Anzahl Pegel einer Region bzw. des Bundesgebietes, die NW-Kennwert 2 erfüllen	n Pegel
6	Kennwert regionen- und bundesgebietbezogene Dauer	
6.1	Aufsummierung der NW-Dauer (NW-Kennwert 3.1) über die 26 Zeigerpegel, wahlweise mit Differenzierung nach 7 Regionen ggf. auch Mittel einer Region, Sommerhalbjahr	n Monate
6.2	wie 6.1, Winterhalbjahr	n Monate
6.3	wie 6.1, WHJ	n Monate

* 10 %-Quantil NM31Q einer definierten Periode, hier 1961-1990

3 Historische Niedrigwasser am Mittelrhein seit 1000 n. Chr.

Die Untersuchung bezieht sich für die vorinstrumentelle Periode (1000 n. Chr. bis 1816) auf eine von WITTE et al. (1995) erstellte Zitatensammlung und für die instrumentelle Periode (1816-2010) auf beobachtete Wasserstands- und daraus abgeleitete Abflusstageswerte am Pegel Köln.

Von WITTE et al. (1995) wurde auf der Grundlage historischer Quellensammlungen (z. B. WEIKINN 1958-1963, ALEXANDRE 1987), eine Hoch-, und Niedrigwasser- sowie eine Witterungschronologie für das Rheineinzugsgebiet bis zum Pegel Köln erstellt. Die relevanten Zitate wurden einer Quellenkritik unterzogen sowie räumlich und zeitlich zugeordnet (Abb. 2). Die vorliegende Zitatensammlung beginnt mit dem Jahr 1000 n. Chr. Im Verlauf des 12. Jahrhunderts nimmt der witterungsspezifische Informationsgehalt der untersuchten Quellen zu. Ab dieser Zeit stehen zudem zahlreiche Angaben über Ernten und Weinerträge bzw. -qualität zur Verfügung, die bei der Rekonstruktion der Sommerwitterung sehr hilfreich waren. Erst ab Mitte des 14. Jahrhunderts finden sich vermehrt Berichte über hydrologische Ereignisse. Auch die Datierung der einzelnen Ereignisse wird genauer. Informationen zu strengen Wintern sowie zur Dauer des Eisstandes sind ebenfalls hilfreich bei der Rekonstruktion der Wasserstände.

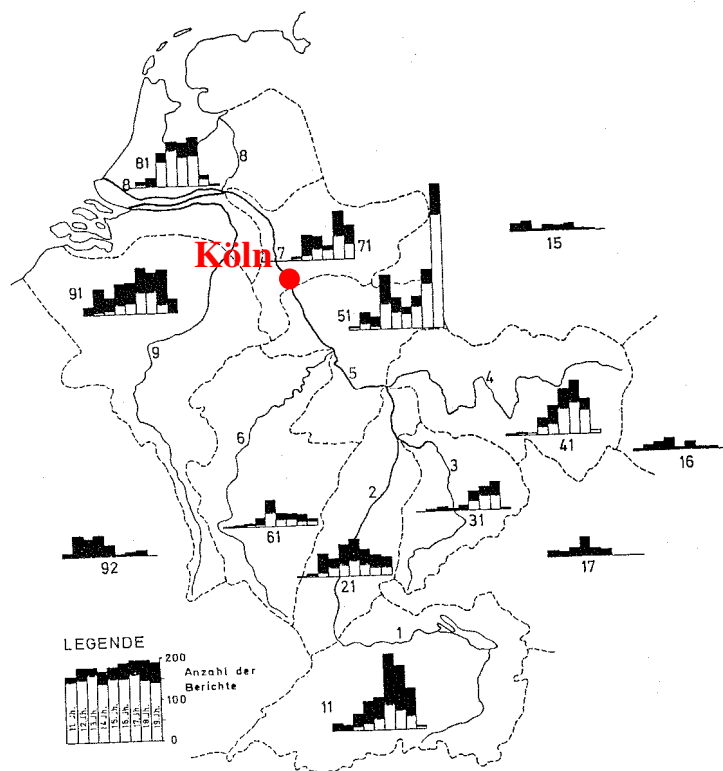


Abb. 2: Herkunft und Anzahl der ausgewerteten historischen Berichte (WITTE et al. 1995). Die weißen Balken zeigen die Anzahl der Berichte zu hydrologischen Ereignissen der Flussabschnitte 1-9 und die schwarze Balken diejenigen zu hydrologischen und meteorologischen Ereignissen aus den jeweiligen Regionen 11-92.

Es gilt zu beachten, dass Niedrigwasserereignisse in weitaus geringerem Maß im Vergleich zum Hochwasser in den Quellen notiert sind, obwohl auch sie in der damaligen Zeit einen wirtschaftlichen Verlust bedeuteten, z. B. Mühlen arbeiteten nicht und die Schifffahrt musste eingestellt werden.

Für weitere Analysen der vorwiegend deskriptiven Angaben zu extremen meteorologischen und hydrologischen Ereignissen und für den Vergleich mit der messtechnisch beobachteten Entwicklung der letzten 200 Jahre ist eine Klassifizierung und Umsetzung des Inhaltes der Zitatsammlung in Indizes erforderlich.

Tabelle 2

Auszüge aus der Zitatsammlung zu Niedrigwasserereignissen aus den Jahren 1304 und 1540

Jahr	Jahreszeit/Region/Ort	Zitat
1304	Sommer Oberrhein Strassburg	„Der Rhein war derartig niedrig, dass er an verschiedenen Orten zwischen Straßburg und Basel durchwatet werden konnte... der Rhein hat bei Strassburg einen so niedrigen Stand, wie er bis 1858 nicht wieder vorkommt.“
1540	Sommer Mittel-; Niederrhein	„Der Rhein trocknete derartig aus,... dass er in den Niederlanden durchschritten werden konnte.“

Die von WITTE et al. (1995) vorgenommene Indizierung der Wasserführung, die auch Hochwasser beinhaltet, besitzt 5 Stufen. Von diesen wurden hier nur die mit „-2“ indizierten Monate bis zum Jahr 1815 ausgewertet. Die für den Beobachtungszeitraum 1816-2010 vorliegende Abflussreihe für den Pegel Köln wurden mit dem in Tabelle 3 für den Pegel Köln aufgeführten Schwellenwert neu indiziert (NW-Kennwert 2).

Tabelle 3

Zu den Niedrigwasserereignissen von 1304, 1540 und 1857 zugehörige monatliche Indexwerte

	Sommer						Winter						Jahr
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
1304	0	0	0	0	-1	-2	-2	-1	0	-1	-1	0	-2
1540	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	-2	0	0	0	0	-2
1857	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2

In der folgenden Analyse wird das Niedrigwasser auf Jahresbasis betrachtet, wobei das zeitliche Auftreten des Niedrigwasserereignisses zusätzlich dem Sommer- oder Winterhalbjahr des Wasserhaushaltsjahres zugeordnet wird. Hierbei wurden folgende Regeln berücksichtigt:

- > Unabhängigkeitsregel, wenn zwischen dem Auftreten der Niedrigwasserereignisse die jährliche Grundwasserneubildungsperiode liegt (WHJ: 1. April - 31. März) (DVWK 1983)
- > Zuordnung des Niedrigwasserereignisses zum Halbjahr erfolgte nach der Pegelvorschrift (1997); liegt das Niedrigwasserereignis im Übergangsbereich, dann ist der Zeitabschnitt maßgebend, der den größten Anteil hat. Ist der Anteil gleich, so ist die zweite Hälfte bestimmend.

Zur Klärung, welchen Einfluss die Witterungs- und Klimaverhältnisse auf die Niedrigwassersituation hat, wurden klassifizierte Witterungsverhältnisse den Extremwerten zugeordnet. Die 6-stufige Indexreihe für meteorologische Daten wurde nach dem Muster von PFISTER (1985) erstellt. Die für die Klassifizierung notwendigen beobachteten Lufttemperatur- und Niederschlagsreihen entstammen den von BAUR (1975) begonnenen und von PELZ et al. (1996) und Berliner Wetterkarte e.V. (2006) fortgeführten homogenisierten Reihen für Mitteleuropa. Für die vergleichende Analyse wurde eine weitere vereinfachte Klassifizierung der Witterungsverhältnisse durchgeführt, die die 4 Klassen – kalt-trocken, kalt-feucht, warm-trocken und warm-feucht – kennt. Als “kalt-trocken“ werden beispielsweise die Halbjahre und Jahre bezeichnet, wenn die entsprechenden Mitteltemperaturen und Niederschlagssummen unter dem Median der Gesamtreihe (1851-1995) liegen. Für die vorinstrumentelle Periode wurden diese Indizes von WITTE et al (1995) durch eine Bewertung der vorliegenden Zitatensammlung vorgenommen.

In Abb. 3 ist die Anzahl der extremen Niedrigwasserereignisse (Index „-2“) ausgezählt für die einzelnen Jahrhunderte und gruppiert nach Halbjahren des Wasserhaushaltsjahres und den hydrometeorologischen Ursachen dargestellt.

Auffällig ist das Fehlen von Niedrigwasserextremen vom Beginn des 11. Jahrhunderts bis Ende des 14. Jahrhunderts im Winterhalbjahr. Ob das auf den Mangel der historischen Informationen zurückzuführen ist, oder ob es ein Faktum darstellt, beispielsweise dem sog. mittelalterlichen Klimaoptimum zuzurechnen ist, kann ohne zusätzliche Datenrecherche derzeit

nicht beantwortet werden. Im Sommerhalbjahr verteilen sich auffällig die Niedrigwasserextreme bei warm-trockener Witterung gleichmäßig über die Jahrhunderte, bis auf die jüngste Periode 1800-2000. In den letzten beiden Jahrhunderten, ist es zu keinem auf den Sommer beschränkten Niedrigwasserereignis gekommen und alle Ereignisse am Mittelrhein wurden während dieser 200 Jahre dem Winterhalbjahr zugeordnet. Diese Reihe wird erstmals wieder mit dem Niedrigwasser 2003 unterbrochen.

Im Winterhalbjahr dominieren von Anfang des 15. Jahrhunderts bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts Niedrigwasser, die mit einer kalt-trockenen Witterung in Verbindung gebracht werden können (kleine Eiszeit). Danach treten erstmals vermehrt Niedrigwasserextreme auf, die auf eine warm-trockene Witterung zurückzuführen sind.

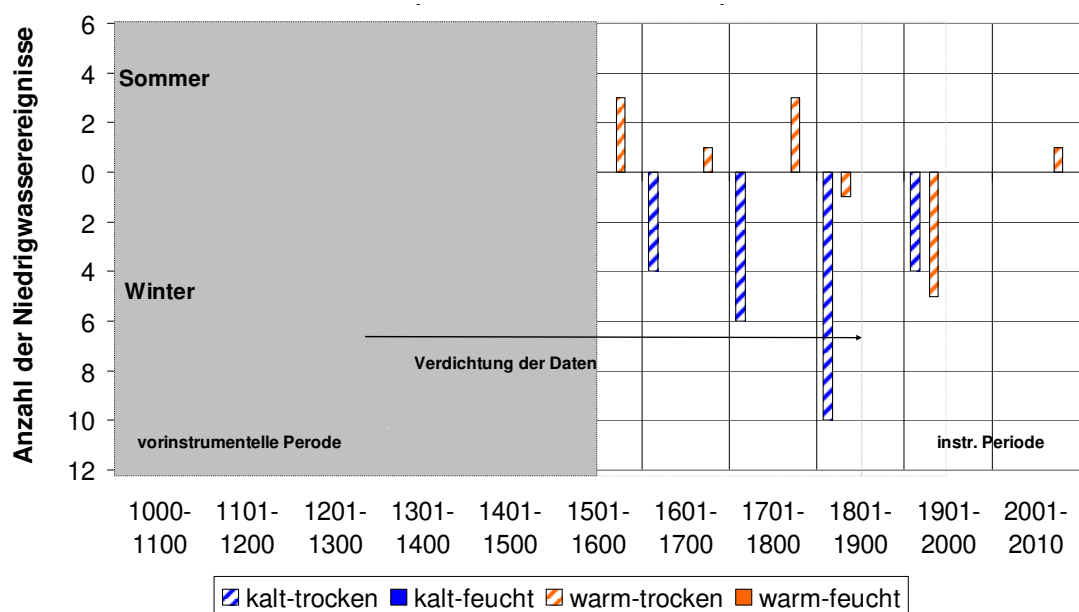


Abb. 3: Häufigkeit und zugehörige Witterungsverhältnisse der extremen Niedrigwasser (ein Ereignis pro Wasserhaushaltsjahr) im Mittelrheineinzugsgebiet (Zeitraum 1000-2010)

4 Entwicklung der Niedrigwasserextreme in Flussgebieten Mitteleuropas im Zeitraum 1852-2010

Da seit Mitte des 19. Jahrhunderts zahlreiche lange Abflussreihen für die Ströme Mitteleuropas und deren größere Nebenflüsse existieren, kann das räumliche Auftreten von Niedrigwasserereignissen für diesen Zeitraum aufgezeigt und analysiert werden. Damit kann auch die räumliche Ausdehnung als ein weiteres Kriterium zur Charakterisierung des Extremverhaltens von Niedrigwasserereignissen aufgenommen werden (s. Tabelle 1). Im Folgenden werden die Zeiträume 1852-2010 und 1951-2010 näher betrachtet.

Zur räumlichen Ansprache wurden 26 Pegel ausgewählt, die über lange Abflusszeitreihen verfügen und als repräsentativ für eine größere Region angesehen werden können. Um bei der integralen räumlichen Betrachtung dennoch bei Bedarf regionale Verteilungen der Niedrigwasser aufzeigen zu können, wurden sieben Großregionen für Deutschland definiert und den Pegeln zugeordnet (Abb. 4 und Tabelle 4). Zur Ableitung regionsspezifischer Aussagen wurde darauf geachtet, dass jede Region durch mindestens drei sog. Zeigerpegel repräsentiert (Tabelle 4) wird.

Mindestens ein Pegel jeder Region verfügt dabei über eine Abflussreihe für den Zeitraum 1852-2010. Die einzige Ausnahme bildet die Region Nord-Ost, wo die längste Abflussreihe vom Pegel Neu Darchau erst im Jahr 1874 beginnt.

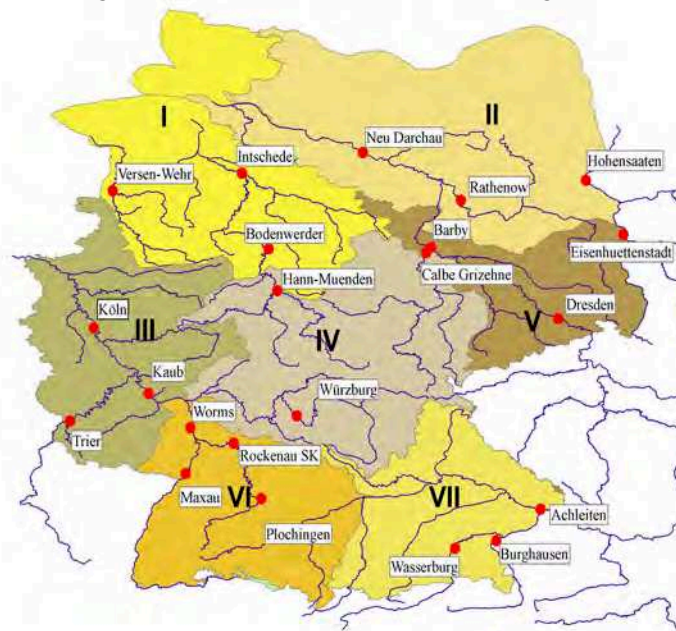


Abb. 4:
Sieben Großregionen Deutschlands
und zugehörige Pegel

Tabelle 4

10 %- und 40 %- Perzentile der jährlichen NM31Q der Periode 1961-1990 für ausgewählte Pegel zur Klassifizierung der Niedrigwasser (Index „-2“ und „-1“)

Region Nr.	Region	Pegelname	10 %-Quantil	40 %-Quantil
I	NORD-WEST	Bodenwerder/Weser	46,7	64,5
		Intschede/Weser	102	137
		Versen-Wehrdurchstich/Ems	16,3	23,1
II	NORD-OST	Neu-Darchau/Elbe	201	333
		Rathenow-UP/Havel	18,4	33,9
		Hohensaaten-Finow/Oder	202	283
III	WEST	Trier/Mosel	46,5	68,6
		Köln/Rhein	799	1020
		Kaub/Rhein	642	839
IV	MITTE	Hann.-Münden/Weser	31,9	46,5
		Würzburg/Main	25,7	44,2
		Calbe-Grizelne/Saale	40,4	60,5
V	OST	Dresden/Elbe	89,5	143,2
		Barby/Elbe	156	244
		Eisenhüttenstadt/Oder	112	136
VI	SÜD-WEST	Maxau/Rhein	478	669
		Rockenau/Neckar	32,3	45,8
		Worms/Rhein	545	725
VII	SÜD-OST	Achleiten/Donau	562	750
		Wasserburg/Inn	118	149
		Burghausen/Salzach	74,1	95

Tabelle 5

Die monatlichen Abflüsse der Wasserhaushaltsjahre 1856-1858 und zugeordnete Indexwerte (NW-Kennwerte 1 und 2)

	MoMQ													NM31Q	
	Sommer						Winter						Jahr NW-Kennwert 2	Jahr	NW-Kennwert 1
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
1856	1640	2970	3690	2270	1760	1760	1710	1610	2570	2150	1250	1440	0	1230	0
1857	1730	1560	1920	1490	1380	1180	977	842	783	634	714	1090	-2	608	-2
1858	1780	1630	1620	1370	1520	1470	1260	1230	1430	1370	1880	1570	0	1040	0

Tabelle 6

Die klassifizierten monatlichen Abflüsse der Wasserhaushaltsjahre 1856-1858 und zugeordnete Indexwerte (NW-Kennwerte 3.1, 3.2 und 3.3)

	Sommer						Winter						Summe der Monate (Index"-2") NW-Kennwert		
	Monat						Monat						3.1	3.2	3.3
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	Sommer	Winter	Jahr
1856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1857	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-2	-2	-2	0	0	3	3
1858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bei der hier vorgestellten Auswertung werden nur die als extrem eingestuftes Niedrigwasser (Index „-2“) berücksichtigt (Tabelle 5). Anhand der eingeführten Indikatoren können nun die bundesweiten extremen Niedrigwassersituationen für die Zeitreihe 1852-2010 mit verschiedenen Schwerpunkten (Dauer, räumliches Auftreten) aufgezeigt werden.

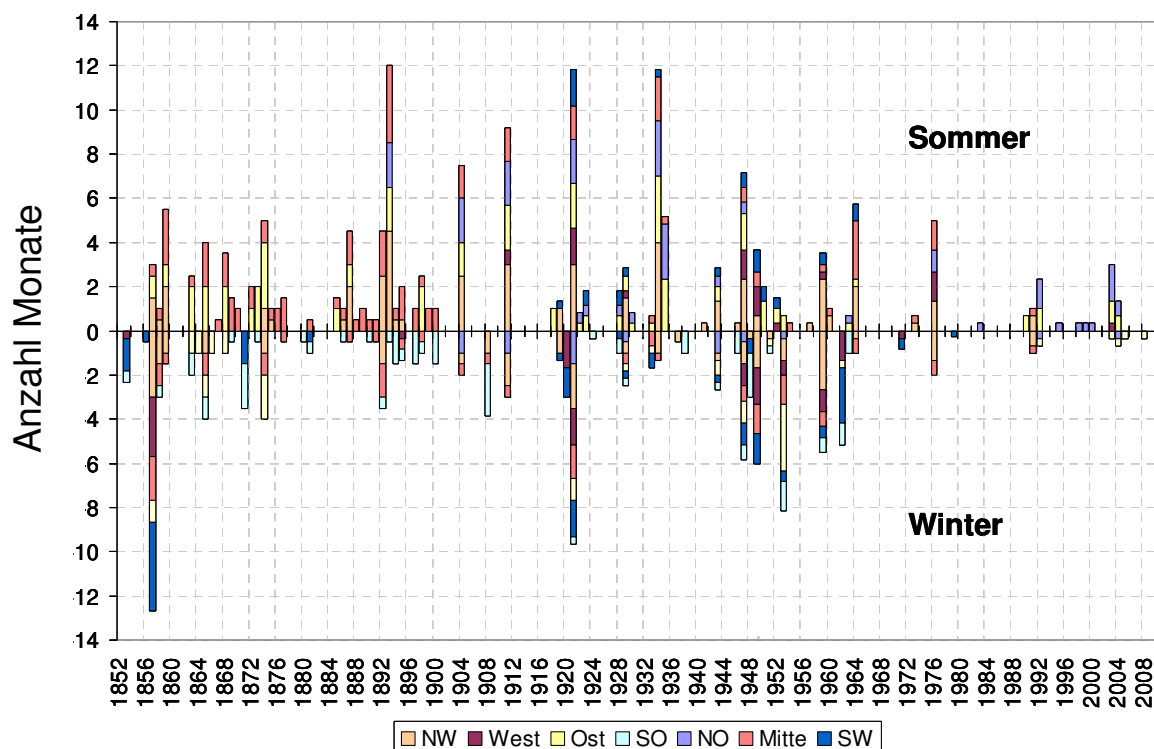


Abb. 5: Niedrigwasserextreme in Mitteleuropa im Sommer- und Winterhalbjahr im Zeitraum 1852-2010 (Eingefärbt ist die mittlere Dauer pro Region in Monate und die Säulenhöhe stellt die über die Region aufsummierten mittlere Dauer dar, NW-Kennwert 6.1, 6.2 und 6.3, grau schraffierte Bereiche kennzeichnen Zeiträume mit unvollständigen Zeitreihen.)

In Abb. 5 ist beispielhaft die aufsummierte regionsspezifische mittlere Dauer der Niedrigwassermonate dargestellt. In diesem Fall wurden zunächst je Region die mittlere Dauer bestimmt, da nicht für alle Pegel im Zeitraum vor 1900 Abflussdaten vorlagen. Mit der Mittelung ist die Annahme verbunden, dass ein Pegel als repräsentativ für die Region angesehen werden kann. Die Aufsummierung erfolgt zu dem getrennt für die Sommer- und Winterhalbjahre, um das jahreszeitliche Auftreten zu dokumentieren.

Es zeigt sich, dass in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts extreme sommerliche Niedrigwasser hauptsächlich in der Mitte und im Osten Deutschlands vermehrt aufgetreten sind. Im 20. Jahrhundert sind dann sommerliche extreme Niedrigwasserphasen ca. alle 5-6 Jahre in fast allen Regionen anzutreffen, allerdings mit einer geringeren mittleren Dauer zum Ende des 20. Jahrhunderts hin. Es ragen in der Periode von 1893 bis 1964 insbesondere im Nord-Westen, Osten und in der Mitte über mehrere Monate andauernde Ereignisse (1893, 1904, 1911, 1921, 1934, 1947, 1949 und 1964) heraus.

Im Winterhalbjahr manifestieren sich insbesondere drei mehrjährige Perioden mit Niedrigwasserereignissen mit einem Maximum in den Jahren 1857, 1921 und 1953. Seit den späten 60er-Jahren des 20. Jahrhunderts nehmen die Niedrigwasserextreme rasch ab, was auf einen klimatischen Einfluss hindeutet.

Extrem lang anhaltende Niedrigwasserphasen treten dann auf, wenn niederschlagsarme Strengwinter und sommerliche Trockenperioden in Folge auftreten. Dies war besonders ausgeprägt in den Jahren 1857, 1921 und 1947 der Fall.

Mit Ausnahme der sommerlichen Ereignisse von 1959, 1964 und 1976 sowie der winterlichen Ereignisse von 1953, 1959 und 1962 fallen die Niedrigwasser in der Periode 1951 bis 2010 vergleichsweise gering gegenüber den vorangegangenen Jahrzehnten aus. Dies gilt auch für das als extrem empfundene Niedrigwasserjahr 2003.

Inwieweit die Wahl des Kennwertes diese Bewertung beeinflusst, kann an Hand der vergleichenden Darstellung der nun auf Jahresbasis ausgezählten Kennwerte 5 und 6.3 für die Zeitreihe 1951 bis 2010 aufgezeigt werden (Abb. 6 und 7). Die entsprechend der Kennwerte vergebenen Rangordnungen sind in Tabelle 7 aufgeführt. Vergleichend sind auch die Ränge der Niedrigwasser eingetragen, die sich mit dem NW-Kennwert 4 ergeben.

Unabhängig von der Wahl des Kennwertes zeigt sich, dass – bundesweit gesehen – nach 1976 deutlich weniger Niedrigwasser aufgetreten sind und auch die Gesamtdauer deutlich zurückgegangen ist. Die Niedrigwassersituation hat sich im Zeitraum 1977-2010 in vielen deutschen Flussgebieten entspannt. Eine Ausnahme bilden jedoch die östlichen und nordöstlichen Flussgebiete, wo seit den 90er-Jahren des 20. Jahrhunderts die Niedrigwasser wieder vermehrt aufgetreten sind. Diese müssen jedoch im historischen Kontext als „normal“ eingestuft werden.

Methodisch gesehen (vgl. Abb. 6 und 7 sowie Tabelle 7) scheint die Sensitivität der extremen NW-Ereignisse relativ gering gegenüber der Wahl des Kennwertes zu sein, was auf eine hohe Korrelation von extremem Niedrigwasserstand und langer NW-Dauer hindeutet.

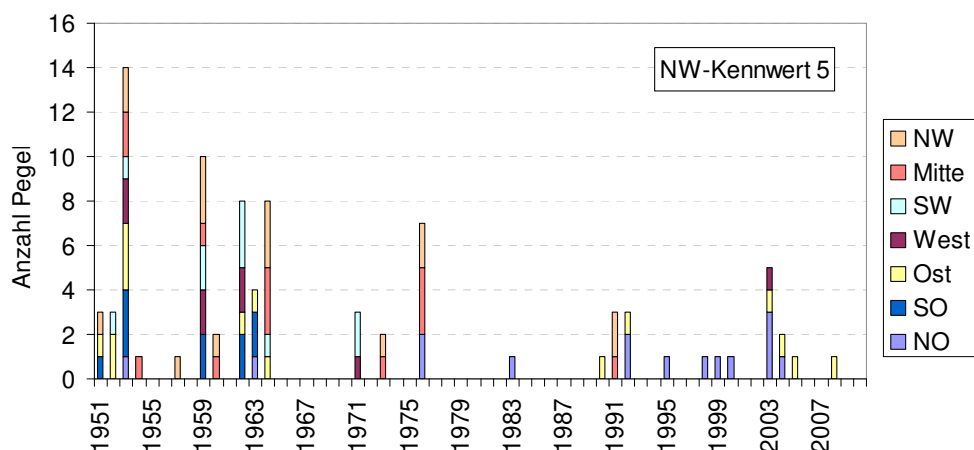


Abb. 6: Extreme Niedrigwasserereignisse der Wasserhaushaltsjahre in den Flussgebieten Mitteleuropas im Zeitraum 1951-2010 (NW-Kennwert 5)

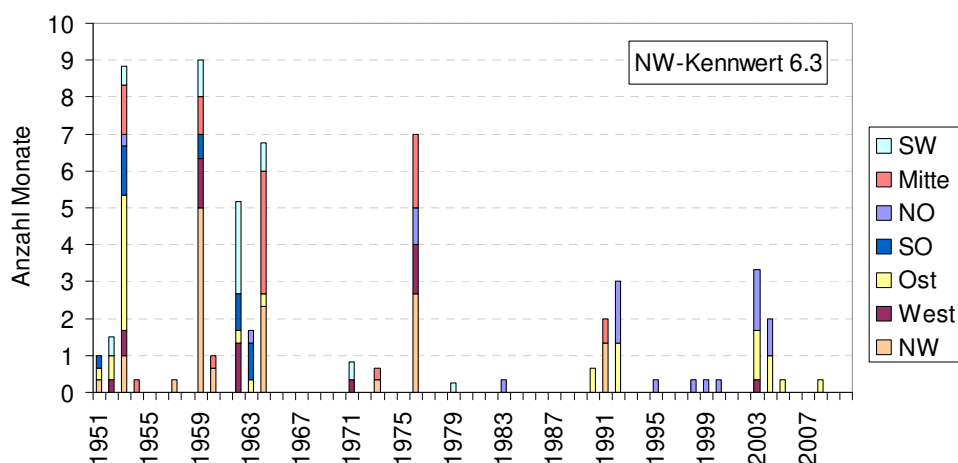


Abb. 7: Extreme Niedrigwasserereignisse der Wasserhaushaltsjahre in den Flussgebieten Mitteleuropas in Zeitraum 1951-2010 (NW-Kennwert 6.3)

Tabelle 7

Rangfolge der 10 kleinsten Niedrigwasserereignisse der Zeitreihe 1951-2010 für drei verschiedene NW-Kennwerte

Rang	NW-Kennwert 4		NW-Kennwert 6		NW-Kennwert 5	
	Jahre	Anzahl Pegel (NM31Q)	Jahre	Summe der Monate	Jahre	Anzahl Pegel (MoMQ mind. einmal)
1	1953	15	1959	9	1953	14
2	1959	12	1953	9	1959	10
3	1962	10	1976	7	1962	8
4	1964	10	1964	7	1964	8
5	1976	10	1962	5	1976	7
6	1963	7	2003	3	2003	5
7	2003	7	1992	3	1963	4
8	1991	6	1991	2	1951	3
9	1971	5	2004	2	1952	3
10	1973	5	1963	2	1971	3

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zur Charakterisierung der Niedrigwassersituation einzelner Pegel sowie integrierend für die deutschen Flussgebiete und Regionen Deutschlands wurden 10 Niedrigwasserkennwerte definiert und für drei unterschiedlich lange Zeitperioden auf vorliegende Abflussreihen bzw. Indexreihen angewendet. Es hat sich gezeigt, dass die gewählten Kennwerte eine Charakterisierung von Niedrigwasserereignissen hinsichtlich Dauer, Intensität und räumlichen Auftretens für verschiedene Ausgangsdaten (deskriptive Angaben bis hin zu Tageswertreihen des Abflusses) erlauben.

Die Analyse dieser Kennwerte weist darauf hin, dass mit Ausnahme der östlichen und nordöstlichen Flussgebiete sich Deutschland bzgl. der Niedrigwassersituationen seit 1977 im Vergleich zu den vorangegangenen Jahrhunderten und Jahrzehnten in einer Gunstphase befindet. Die hydrologische Historie kennt in allen Flussgebieten deutlich extremere sommerliche wie winterliche Niedrigwasserereignisse.

Es sind jedoch weitere detaillierte Analysen unter Verwendung von hydroklimatischen und hydrologischen Modellketten vorgesehen, um zu prüfen, ob die aufgefundenen Änderungen im Niedrigwasserverhalten bereits dem globalen anthropogenen Klimawandel zugerechnet werden können. Hierbei wird weiterhin die zunächst noch zurückgestellte Analyse des Einflusses von in der Regel positiven Beeinflussungen des Niedrigwassers durch Speichermaßnahmen etc. näher beleuchtet werden müssen.

Weiterhin sind die Sensitivitäten der Kennwerte zur Charakterisierung des räumlichen Verhaltens hinsichtlich der Wirkung der Pegeldichte genauer zu untersuchen. Zur zeitlich rückwirkenden Verlängerung und Verdichtung der Messreihen bis hin zum Beginn des 19. Jahrhunderts müssen die bisher noch nicht verfügbaren langen hydrologischen Zeitreihen erarbeitet werden. Dies gilt auch für die Einbeziehung der Informationen der nicht durch Instrumentenmessungen belegten Zeiträume der noch nicht so intensiv bearbeiteten Flussgebiete, um ein Gesamtbild für Mitteleuropa zeichnen zu können.

Literatur

ALEXANDRE, P. (1987): Le Climat en Europe au Moyen Age, Paris

BAUR, F. (1975): Abweichungen der Monatsmittel der Temperatur Mitteleuropas vom 210-jährigen Mittelwert (1761-1970) in °C sowie die Abweichungen der Monatsmengen des Niederschlags in Deutschland westlich der Oder in L/m², Mittel aus 14 Stationen, vom 120-jährigen Mittelwert 1851-1970. Beilage zur Berliner Wetterkarte 76/75 SO 19/75

Berliner Wetterkarte e.V. (Hrsg.) (2006): Ergänzender Neudruck der Beilage 50/96 vom 30.4.1996. Beilage zur Berliner Wetterkarte, 50/06 SO 14/06, Internet 5.11.2012: <http://www.met.fu-berlin.de/~manfred/baur.pdf>

DVWK (Hrsg.) (1983): Regel „Niedrigwasseranalyse, Teil 1 - Statistische Analyse des Niedrigwasserabflusses, Bd. 120

HERGET, J. (2012): Am Anfang war die Sintflut: Hochwasserkatastrophen in der Geschichte. primus verlag

- HOHMANN, R., C. PFISTER und C. FREI (2003): Extremereignisse, Naturgefahren und Naturkatastrophen: Eine Begriffserklärung, OcCC, Bern
- KRAHE, P. und M. LARINA (2010): Hoch- und Niedrigwasser in Köln seit AD 1000, Geographische Rundschau, Heft 3
- Pegelvorschrift (1997): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Bundesministerium für Verkehr, Berlin und Bonn
- PELZ, J., U. RÜGE, P. SCHLAAK (1996): Zur Fortführung der von F. Baur im Jahre 1975 veröffentlichten Temperaturreihe für Mitteleuropa ab 1761 und der Niederschlagsreihe für Deutschland westlich der Oder ab 1851. Beilage zur Berliner Wetterkarte 50/96 SO 14/96
- PFISTER, C. (1985): Das Klima der Schweiz von 1525-1860 und seine Bedeutung in der Geschichte von Bevölkerung und Landwirtschaft, Bern
- WEIKINN, C. (1958-1963, [2000, 2002]): Quellentexte zur Witterungsgeschichte Europas von der Zeitwende bis zum Jahr 1850, 6 Bände, Berlin
- WITTE, W., P. KRAHE und H.-J. LIEBSCHER (1995): Rekonstruktion der Witterungsverhältnisse im Mittelrheingebiet vom 1000 n. Chr. bis heute anhand historischer hydrologischer Ereignisse, KHR Bericht Nr. II-9, Lelystad



Kontakt:

Maria Larina

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5274
Fax: 0261/ 1306 5280
E-Mail: larina@bafg.de

Jahrgang: 1962

1979-1985

Studium Wasserbauwesen an der Technischen
Universität St. Petersburg, Russland

seit 2002

Wissenschaftliche Angestellte der Bundesanstalt
für Gewässerkunde

Projektbearbeitung:

2002-2006: Veränderungen im Abflussregime
des Rheines im 20. Jahrhundert

2008-2009: Wasserspiegelfixierungen zwischen
Iffezheim und Mainz in 1978-2008

seit 2007: KLIWAS Räumliche und zeitliche
Variabilität der historischen Niedrig-
wasserereignisse



Peter Krahe

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5234
Fax: 0261/ 1306 5080
E-Mail: krahe@bafg.de

Jahrgang: 1958

1978-1985

Studium der Meteorologie, Hydrodynamik und
Geophysik an den Universitäten München und
Bonn

seit 1985

Wissenschaftlicher Angestellter der Bundesanstalt
für Gewässerkunde

Ansprechpartner für Flussgebietsmodellierung

Niedrigwasserereignisse an der Elbe und ihre Bedeutung für den Ausbau des Flusses

Petra Faulhaber

1 Einleitung

Das Gewässerbett der deutschen Binnenelbe erhielt im Wesentlichen im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts die heutige Gestalt. Für diesen Ausbau, der hauptsächlich zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse erfolgte, spielten Niedrigwasserereignisse eine große Rolle.

2 Übersicht des Ausbaus der Elbe für die Schifffahrt

Bis Anfang des 19. Jahrhunderts wurde der Fluss meist zur Verbesserung der Landeskultur und zum Schutz des Eigentums verändert. Zu solchen Maßnahmen zählen u. a. der Deichbau, die lokale Sicherung von Ufern sowie der Durchstich von Mäanderschleifen. Der vom Wiener Kongress initiierte Ausbau zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen unterscheidet sich in Zeithorizonten und Bauweisen für den ehemaligen sächsischen (El-km 0-121) und den später preußisch verwalteten Bereich (unterhalb El-km 121). Gleichwohl kann die Übersicht in Abb. 1 annähernd den Ablauf der Tätigkeiten verdeutlichen (u. a. nach METSCHIES 1939).

■ Bis 1815 Maßnahmen aus landeskultureller Sicht Uferschutz, Vorflut, Hochwasserschutz, ...	
■ 1815: Wiener Kongressakte Artikel 113 jeder Uferstaat hat die Unterhaltung der Leinpfade und Arbeiten im Strombette zu Beseitigung der Hindernisse für die Schifffahrt zu übernehmen. Erneute Festlegung in Elbschifffahrts-Akte 1821.	Ausbau des Mittelwasserbettes
■ 1815-1865: umfangreiche Maßnahmen in einzelnen Ländern: 1841 erste Strombesichtigung über mehrere Staaten, Stromrevisionskommission. Beirat von Wasserbausachverständigen	ab 1842 wissenschaftlich begleiteter Ausbau
■ 1866-1910: Mittelwasserausbau nach zentralen Vorgaben (unterhalb El-km 121)	1866 Gründung der preußischen Elbstrombauverwaltung
■ Ab 1911: Niedrigwasserausbau	ca. 1940 Einstellung der Arbeiten
■ Ab 1945: hauptsächlich Nachsorge	Oft eingeschränkte Unterhaltung

Abb. 1: Überblick zum Ausbau der deutschen Binnenelbe

Hier kann nur ein sehr knapper Überblick zum Ausbau der Elbe gegeben werden, der eine Einordnung der Bezugswasserstände erlauben soll. Beim Ausbau des Regulationssystems wurde zuerst das Mittelwasserbett hergestellt, damit der Strom selbst einen Teil der Arbeit für die Ausprägung des Bettes leisten konnte. Das Niedrigwasserbett sollte später nach der Adaption des Flusses an die neuen Bedingungen unter Berücksichtigung erforderlicher Korrekturen optimiert werden. Dies ist nur abschnittsweise erfolgt. Gleichwohl wurde in einigen Abschnitten von Anfang an das Hauptaugenmerk auf das Niedrigwasserbett gelegt.

3 Ausbauziele und Bezugsgrößen für die Umsetzung

Die Elbe wird hauptsächlich durch Regen und Schneeschmelze gespeist. Für die Schifffahrt sind die langen Niedrigwasserperioden hinderlich. Die unausgeglichene Wasserführung mit in der Regel Hochwassern im Frühjahr und Niedrigwasserperioden im Sommer wirkt darüber hinaus in den Abschnitten der Elbe mit beweglicher Sohle zusätzlich nachteilig auf die Schifffahrtsbedingungen. Während der Hochwasser wird das Sohlmaterial des Flusses stärker als bei Niedrigwasser mobilisiert, die Sohlgestalt stark verändert. Erst im Verlaufe langer Perioden mit mittleren und niedrigen Wasserständen wird das Flussbett wieder umgebildet. Extreme Hochwasser, wie das Sommerhochwasser von 2002, können ohne Nachpflege des Menschen die Bettgestalt auf Jahrzehnte verändern.

Geringe Wassertiefen sowie ein wechselnder Fahrrinnenverlauf behindern die Schifffahrt hauptsächlich bei niedrigen Abflüssen. Tiefenziele werden deshalb für einen niedrigen Bezugswasserstand vereinbart. Meist wurden ergänzend auch für mittlere Wasserstände Tiefenziele vorgegeben. Abmessungen von Bauwerksteilen, die das Niedrigwasserbett gestalten (z. B. Sohl-, Rand- und Grundswellen, Bauwerksgründungen) wurden auf einen niedrigen Wasserstand bezogen. Die Höhen der Regelungsbauwerke, die das Mittelwasserbett begrenzen (Buhnen, Längswerke) wurden – zumindest ab El-km 121 – anfangs auf „gewöhnlichen“ Wasserstand (Median, wird genau so oft über- wie unterschritten), später auf Mittelwasser bezogen.

Somit sind verschiedene Bezugswasserstände als Hilfsmittel für die Verwaltung bei Ausbau und Unterhaltung der Elbe erforderlich. Die Bezugswasserstände ermöglichen die Realisierung und Pflege eines vergleichbaren Regulationssystems entlang des Flusses, indem Bezüge für die Ausführung von Bauwerken, die Erfolgskontrolle (Tiefenziel erreicht?) und den Betrieb der Wasserstraße bereitgestellt werden.

- > niedrige Bezugswasserstände:
 - Sollhöhe für niedrige Bauwerke
 - Sollsohle, Tiefenziel
- > mittlere Bezugswasserstände:
 - Sollhöhe für mittlere Bauwerke
 - Tiefenziel
- > hohe Bezugswasserstände:
 - Mindesthöhen von Brückenunterkanten
 - höchster Schifffahrtswasserstand (Grenzwasserstand, bis zu dem Verkehr auf der Wasserstraße zulässig ist)

4 Ermittlung niedriger Bezugswasserstände

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden als Bezug für die zu erreichenden Mindestwassertiefen (Tiefenziel) Einzelereignisse (Extremwasserstände) gewählt. Die Niedrigwasser sollten ohne Eiseinfluss und von langer Dauer sein und entlang der Elbe auftreten. In § 53 der Additional-Akte vom 13.4.1844 war als Tiefenziel der Elbe-Anrainerländer vermerkt worden, dass 3 Fuß rheinländisch (0,94 m) unter einem 6 Zoll (0,16 m) höheren Wasserstand als dem niedrigsten von 1842 erreicht werden sollen. In den folgenden Jahren traten am Pegel Dresden immer wieder niedrigere Wasserstände als 1842 auf (Abb. 2).

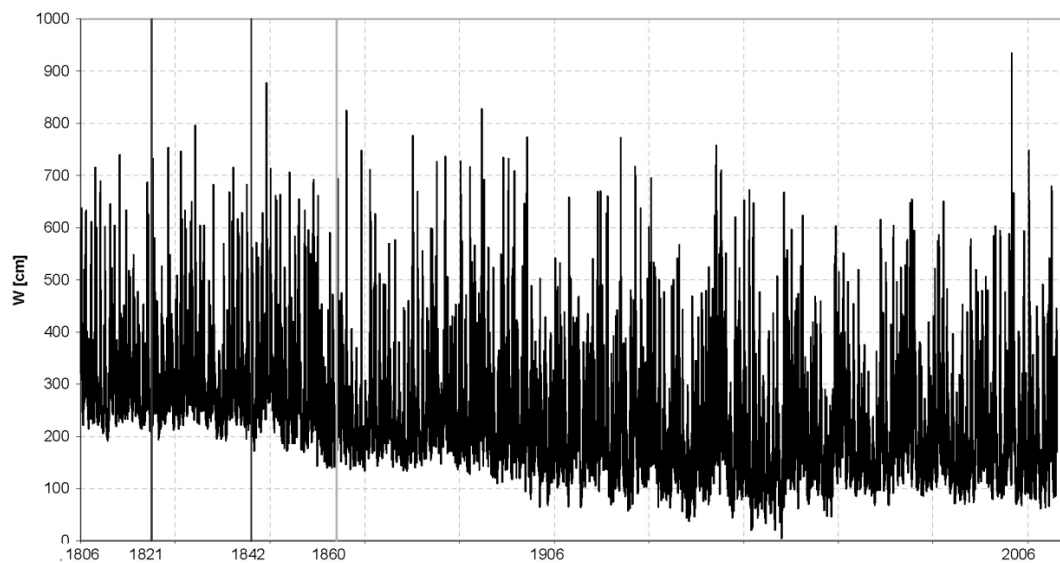


Abb. 2: Tagesmittelwerte des Wasserstandes am Pegel Dresden (Quelle WSA Dresden)

Schon bald wurde diskutiert, dass dies ggf. nicht auf ein verringertes Abflussdargebot zurückzuführen sei, sondern die Wasserstände aufgrund von Änderungen der Flussgeometrie verfallen. Bis 1860 zeigten Analysen der Wasserstände ein Absinken derselben auf sächsischem Gebiet, während im Flachland Erhöhungen zu verzeichnen waren (SCHMIDT 1860).

Das Jahr 1842 kann als Beginn des wissenschaftlichen Elbeausbaus betrachtet werden. Der Elbschiffahrts-Revisions-Kommission wurde ein Beirat von Wasserbau-Sachverständigen beigestellt. Diese Sachverständigen aus den verschiedenen Uferstaaten analysierten den Zustand des Stromes von Mělník bis zur Mündung in die Nordsee und gaben Empfehlungen für Zielvereinbarungen und Maßnahmen zur Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse (Stromschau-Protokolle 1842). Durch die von den Sachverständigen angeregten hydrometrischen Arbeiten, die besonders ab 1866 (Gründung der Königlichen Preußischen Elbstrom-Bauverwaltung) intensiviert wurden, schuf man die Grundlagen für die hydraulische Analyse der Elbe. In verschiedenen Kampagnen wurden Durchflüsse gemessen und daraus Wasserstands-Durchfluss (W-Q)-Beziehungen aufgestellt. Diese Daten dienten neben anderen (z. B. Nivelements zur Schaffung genauer Höhenbezüge entlang des Flusses und Querschnittsmessungen) zur Ableitung von Normalprofilen als Planungsgrundlage beim Ausbau der Elbe.

Abb. 3 zeigt beispielhaft die Veränderung eines Querprofils seit 1847 (Querprofil von 1847 nach ROMMEL 2005. Die Sollhöhe des Normalprofils von 1885 wurde gegenüber Bild 2 in FAULHABER 2012 korrigiert). Seit 1883 wurden die Ufer (hier Parallelwerke in einer Durchflusssmessstelle) in ihrer Lage nicht verändert. Die Eintiefung der Sohle seit 1883 in diesem Flachlandabschnitt der Elbe wird in Abb. 3 sichtbar.

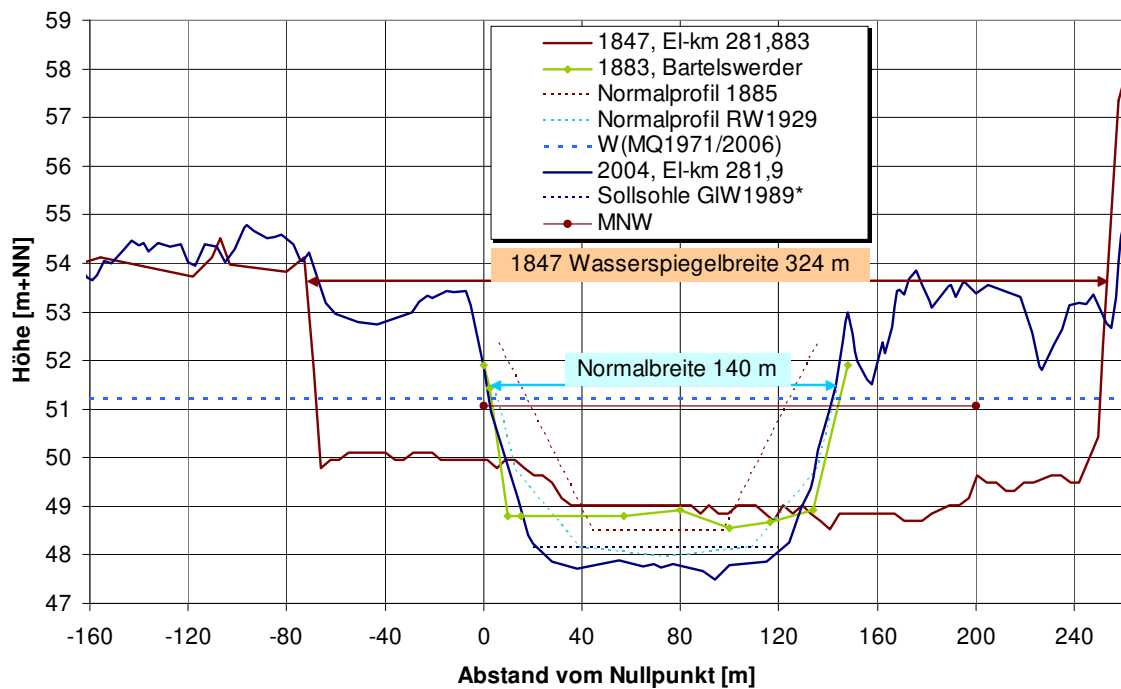


Abb. 3: Vergleich der Geometrien bei El-km 281,9 (stark überhöhtes Profil)

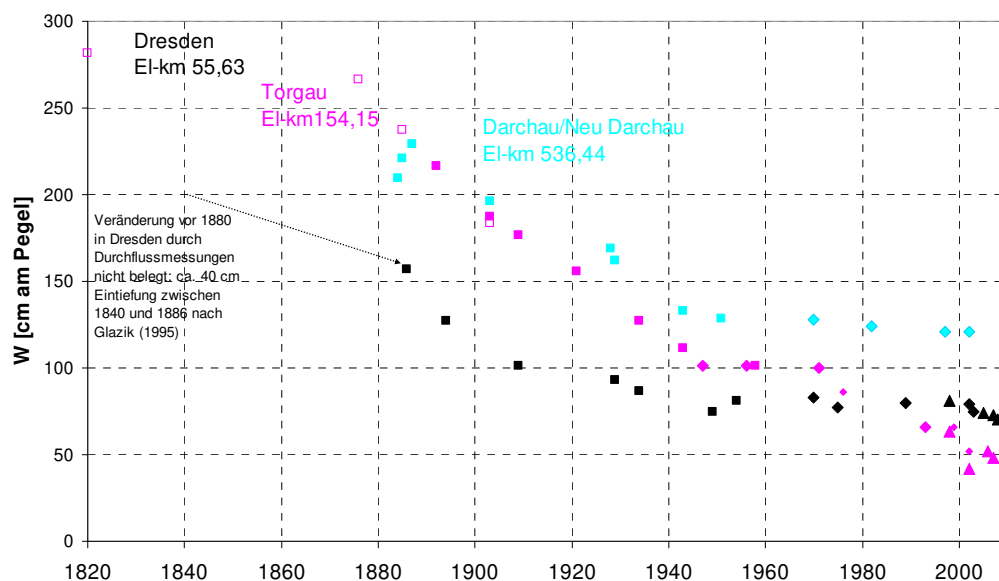


Abb. 4: Veränderung der Wasserstände über die Zeit für niedrige Durchflüsse

Da der Verlauf der niedrigen Wasserstände in etwa der Sohlhöhe folgt, kann über die Wasserstände für konstante niedrige Durchflüsse die Veränderung der Sohlhöhe über die Zeit nachgewiesen werden (GLAZIK 1964). Trotz der Ungenauigkeit früher Messungen und einer zwischenzeitlich mangelhaften Pflege der W-Q-Beziehungen können die Werte heute, nach einer Eintiefung der Sohle von über 1 m, einen belastbaren Gesamteindruck der Sohlentwicklung geben, zumal die Ergebnisse mit anderen Datenarten und Methoden nachgeprüft wurden. Die Darstellung in Abb. 4 basiert auf W-Q-Beziehungen bzw. Durchflussmesswerten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und der Vorgängerorganisationen (u. a. Elbstrombau-Verwaltung 1885) sowie verschiedenen Auswertungen (u. a. von HELMS et al. 2013, siehe S. 14ff.; hier wurden Ergebnisse nur für Zeitraum 1970-2006 verwendet).

Für den Mittelwasserausbau der Elbe wurden immer wieder neue Extremwasserstände als Bezug für das Tiefenziel gewählt. Obwohl die Bezugswasserstände leicht variierenden Durchflüssen entsprachen, wurde weiterhin eine Tiefe von 0,94 m unter dem jeweiligen Niedrigwasser angestrebt (Elbe-Stromschau-Commission 1894).

Anfang des 20. Jahrhunderts erlaubten die hydrologischen und hydraulischen Datengrundlagen, dass man den neuen Bezugswasserstand mit einer anderen Methode ermittelte. Im Jahr 1904 war eine lange, extreme Niedrigwasserperiode aufgetreten. Da sich der Niedrigwasserausbau aus Geldmangel verzögerte, konnte erst in den 1930er-Jahren mit der Umsetzung der neuen Ziele begonnen werden. Da für die niedrigen Durchflüsse von 1904 Wassertiefen festgelegt werden sollten, wurden die Wasserstände im Strombettzustand von 1929 für den Durchfluss von 1904 ermittelt. Es entstand der "Regulierungswasserstand 1929". In den folgenden Ausführungen werden die weiteren Planungen zum Niedrigwasserausbau vernachlässigt, die Zuschusswasser aus Speicherbecken bei Pirna und den Saale-Talsperren vorsahen, da dieses Zuschusswasser nicht zur Verfügung gestellt wurde.

Unter Fachleuten wurde immer wieder diskutiert, welches die geeignete Methode zur Ermittlung der niedrigen Bezugswasserstände sei. Wegen der besonderen Ungleichwertigkeit der verschiedenen Rheinstrecken ging man dort zur Ermittlung mit Methoden der hydrologischen Statistik (Durchflusssdauerzahlen) über (SOLDAN 1928).

In den 1950er-Jahren wurde in der DDR der neue Bezugswasserstand der Elbe mit Beharungswasserständen, d. h. unter Auswertung der Wasserstände einer anhaltenden Niedrigwasserperiode im September 1959 ermittelt – "RW1959". Mit dem Verfahren wurden korrespondierende Wasserstände über die gesamte betrachtete Elbestrecke ermittelt.

Mit dem "GIW1989*(20 d)" wurde 1990 ein neuer Bezugswasserstand eingeführt, der wegen teilweise mangelhafter W-Q-Beziehungen auf Wasserstandsdauerzahlen innerhalb weniger Jahre zurückgriff. Erst mit der Pflege des GIW ab 1998 wurden Durchflusssdauerzahlen zur Ermittlung des niedrigen Bezugswasserstandes genutzt. Die hydrologischen Daten an den Pegeln werden in der Bundesanstalt für Gewässerkunde berechnet. Für die Beschreibung der Methoden wird auf weiterführende Literatur verwiesen (z. B. FAULHABER et al. 2008).

Der Vergleich der zugehörigen Durchflüsse für die niedrigen Bezugswasserstände der verschiedenen Etappen in Abb. 5 zeigt am Beispiel des Pegels Dresden, dass diese nach 1945 höher waren als die früheren Bezugsdurchflüsse. Dies ist zum einen auf die methodischen Änderungen zurückzuführen, zum anderen führten insbesondere nach 1970 Talsperren hauptsächlich im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe zu einer Erhöhung der Niedrigwasserabflüsse. Am Pegel Děčín wurde für den August 2003 von KOCH et al. (2010) beispielsweise ein natürlicher Abfluss von 60 % am bewirtschafteten Abfluss rekonstruiert.

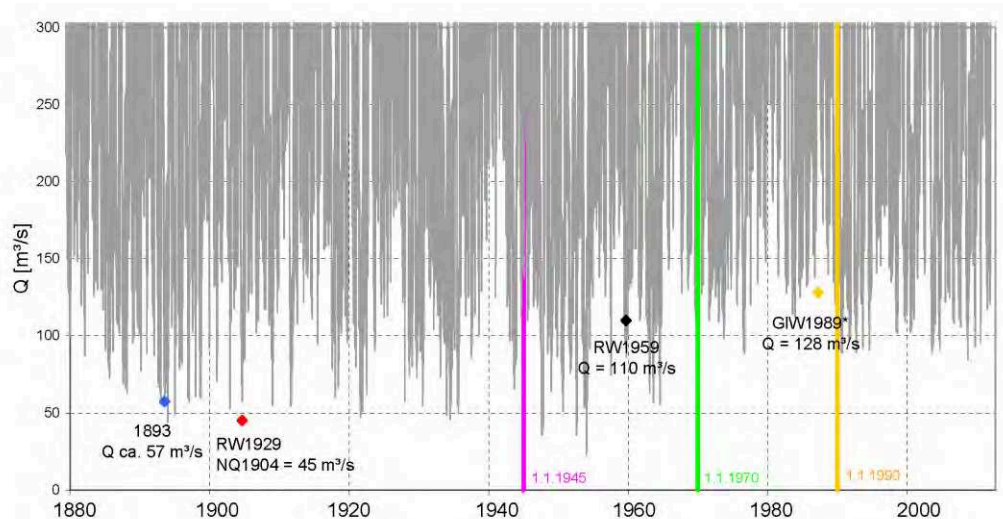


Abb. 5: Durchfluss-Tagesmittelwerte am Pegel Dresden und niedrige Bezugsdurchflüsse

Die Abkehr von den Extremereignissen als Grundlage für niedrige Bezugswasserstände hat einige Vorteile. Verschiedene Datenarten sind im extrem niedrigen Durchflussbereich nicht belastbar. So ist hier die W-Q-Beziehung kaum durch Messungen belegt. Der Wasserspiegel gibt bei extrem niedrigen Durchflüssen zwar im Wesentlichen den Sohlverlauf wieder, schon bei MNQ bildet sich jedoch ein etwas anderer Wasserspiegelverlauf aus.

5 Tiefenziele

Obwohl die Tiefenziele mit Blick auf die Anforderungen der Flotte abgestimmt werden müssen, können an ungestauten Flüssen letztendlich nur die Ziele nachhaltig umgesetzt werden, die die hydraulisch-morphologischen Randbedingungen berücksichtigen, d. h. mit anderen Anforderungen vereinbar sind.

Bereits das Tiefenziel von 1844 basierte deshalb auch auf der Analyse der damaligen hydraulisch-morphologischen Situation. Die Stromschaukommissionen stellten die vorhandenen Tiefen sowie die Anzahl der die Tiefe bestimmenden Stellen zusammen und empfahlen Methoden zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse.

Betrachtet man die Zusammenschau in Abb. 6, scheinen die Anforderungen an den Fluss immer größer geworden zu sein: Sie wuchsen von 0,94 auf 1,6 m. Zieht man jedoch Abb. 5 mit den Bezugsdurchflüssen heran, so zeigt sich, dass die Tiefenziele ohne eine entsprechende Umrechnung (Normierung) auf einen konstanten Durchfluss nicht vergleichbar sind (Tabelle 1 und FAULHABER 2000).

Wird diese Normierung vorgenommen (untere Zeile in Tabelle 1) wird deutlich, dass die Tiefenziele über die Zeit trotz unterschiedlicher Methoden vergleichsweise ähnliche Anforderungen an die Elbe stellten, die sich am Beispiel der Strecke bei Dresden nur um maximal 30 cm unterscheiden.

Bezugswasserstand	Tiefenziel
▪ 1842: 3 Fuß rheinländisch unter einem 6 Zoll höheren Wasserstand als der niedrigste 1842 beobachtete Wasserstand	§53-Additional-Akte 1844; 0,94 m unter NW1842 + 0,16 m
▪ 1869: mindesten 36 Zoll unter jeweils geringstem Wasserstand	0,94 m unter maßgebendem NW
Wirkung der Erosion beeinflusst W-Q-Beziehung	
▪ 1911: Bezug W(NQ1904) ohne Zuschusswasser	Erst ab 1929 umgesetzt; >1,10 -1,40 m
▪ 1959: Bezug Beharrungswasserstand RW1959	DDR >1,25/1,35 m
▪ 1989: Wasserstandsdauerzahlen trockene, mittlere Jahre zwischen 1973 und 1986 GIW1989*(20d)	BRD: >1,50/1,60 m

Abb. 6: Entwicklung der Tiefenziele

Tabelle 1

Vergleich der Tiefenziele

	1893	RW1929	RW1959	GIW1989*
Q [m³/s]	57,4	45	101	128
Tiefenziel [m]	0,94	1,10	1,25	1,60
Tiefenziel [m] bezogen auf 128 m³/s	1,47	1,76	1,52	1,60

6 Fazit

Niedrigwasserereignisse waren und sind für Ausbau und Unterhaltung der Elbe von großer Bedeutung. Da lange anhaltende niedrige Wasserstände die wirtschaftliche Schifffahrt behindern, muss das Regelungssystem insbesondere bei niedrigen Durchflüssen wirken und insgesamt eine geeignete Adaption der Sohle unterstützen. Mit unterschiedlichen Methoden wurden in der Vergangenheit Niedrigwasserdaten genutzt, um niedrige Bezugswasserstände abzuleiten. Diese dienen als Hilfsmittel der Verwaltung dazu, eine Bezugsgröße für die Festlegung der Höhen von niedrigen Regelungsbauwerken und für Tiefenziele (Sollsohle) als Grundlage für Baumaßnahmen und für die entlang der Elbe vergleichbare Erfolgskontrolle bereitzustellen. Für die Pflege des Regelungssystems sind aktuelle Bezugshöhen erforderlich, die zur Übertragung der für die geplanten Ziele erforderlichen Parameter geeignet sind. Deshalb müssen die Bezugswasserstände regelmäßig überprüft werden.

Literatur

Elbe-Stromschau-Commission (1894): Protokoll (unveröffentlicht)

FAULHABER, P. (2000): Veränderung hydraulisch-morphologischer Parameter der Elbe. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 82, Karlsruhe, S. 97-117.

FAULHABER, P. (2012): Vergleich der hydraulischen Verhältnisse im Mittelwasserbett der deutschen Binnenelbe vom 19. Jahrhundert bis heute. Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft (DWhG) e. V., Band 20, Teil 2, DWhG – Zehn Jahre wasserhistorische Forschungen und Berichte, S. 487-500.

- FAULHABER, P., W. FINKE, T. GABRIEL (2008): Zum niedrigen Bezugswasserstand „GIW“ an der deutschen Binnenelbe. Binnenschifffahrt / ZfB Nr. 12/2008, S. 64-67.
- GLAZIK, G. (1964): Veränderung der Wasserspiegel- und Sohlenlage der Elbe. WWT Heft 11 S. 332-337.
- GLAZIK, G. (1995): Flussbauliche Aspekte des Elbeausbaus. Teilstudie zu Technikfolgeabschätzung zur Gestaltung einer ökologisch und sozial verträglichen Wasserwirtschaft im Bereich der Mittleren Elbe, Beckmann-Akademie, Magdeburg.
- HELMS, M., R. MIKOVEC, J. IHRINGER (2013): Verbesserung der hydrologischen Datengrundlage an der Elbe: Das Projekt W-Q Elbe 1890. In: Veranstaltungen 1/2013, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, S. 14-23
- KOCH, H., F. WECHSUNG, U. GRÜNEWALD (2010): Analyse jüngerer Niedrigwasserereignisse im tschechischen Einzugsgebiet. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 54. Jg., Heft 3, S. 169-178.
- Königliche Elbstrombau-Verwaltung (1885): Die Bestimmung von Normalprofilen für die Elbe von der sächsisch-preußischen Grenze bis Geesthacht, Magdeburg.
- METSCHIES, W. (1939): Der Ausbau der Elbe zum schiffbaren Strom. Bautechnik, Berlin, Nr. 45, S. 577-582.
- ROMMEL, J. (2005): Quantifizierung der Geländehöhen im Vorland der frei fließenden deutschen Elbe (unveröffentlichter Bericht im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe).
- SCHMIDT, M. W. (1860): Mittheilungen über Strombauten und Dampfbagger auf der Elbe innerhalb des Königreichs Sachsen. Civilingenieur VI, S. 279-290.
- SOLDAN, W. (1928): Die gleichwertigen Wasserstände des Rheins und der Ausbau des Ober-rheins von Straßburg bis Basel. Bautechnik, Berlin, Heft 30 S. 431-433 und Heft 31 S. 450-452
- Stromschau-Protokolle (1842) (unveröffentlicht)



Kontakt:

Petra Faulhaber

Bundesanstalt für Wasserbau

76187 Karlsruhe

Kußmaulstr. 17

Tel.: 0721/ 9726 2630

Fax: 0721/ 9726 5340

E-Mail: petra.faulhaber@baw.de

Jahrgang: 1956

1975-1979

Studium Wasserbau an der TU Dresden

1980-1990

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Forschungsanstalt für Schifffahrt Wasser- und Grundbau Berlin

seit 1990

Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Bundesanstalt für Wasserbau

Projektbearbeitung:

verschiedene Projekte an der Elbe, u. a.

- Umsetzung des Sohlstabilisierungskonzeptes
- Deichrückverlegung Lenzen

unter Einsatz verschiedener Modellmethoden

- Laborrinnen
- Maßstabsmodelle
- numerische Modelle

Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme – Ein Blick auf die letzten 100 Jahre

Michael Heinz

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes



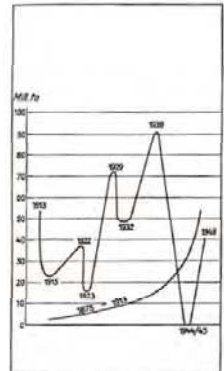
- I. Rheinschifffahrt über 100 Jahre
- II. Systemveränderungen über 100 Jahre
- III. Verwundbarkeit bei hydrologischen Extremen
- IV. Ausblick über Verkehr und Hydrologie

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes



Trend des Gesamt-Rheinverkehrs

Gesamtleistung in Mill. t/km

Jahr	Rhein	Wasserstraßen insgesamt	Eisenbahnen
1875	880	2900	10900
1913	10740	21500	63000

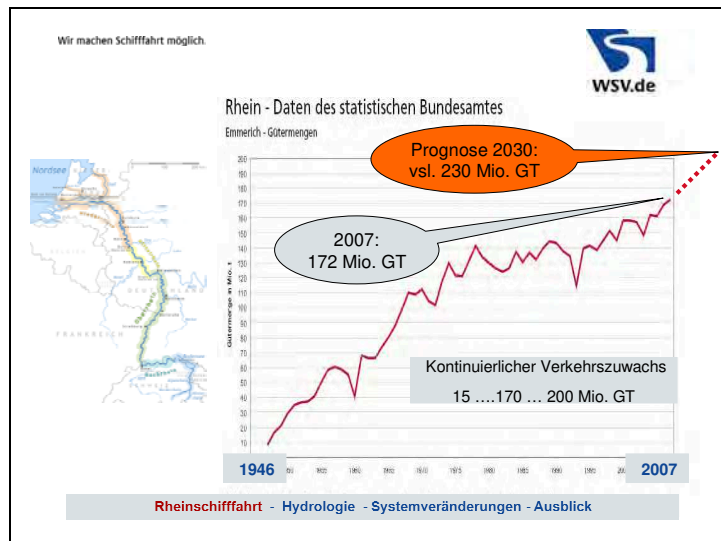
Grenzüberschreitender Verkehr in 1000 t

	1875	1890	1900	1910	1913
Zu Berg	674	2926	8935	16795	19815
Zu Tal	1587	2858	4147	12984	17715

Güterbeförderung von Eisenbahn und Binnenschifffahrt

	1913	1925	1929	1932	1937	1947	1949
Eisenbahn	501	395	485	279	470	180	206
Binnenschifffahrt	101	86	109	64	130	20	45
insgesamt	51	58	76	49	91	20	42

in Millionen t



Wir machen Schifffahrt möglich.

Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre

Güterstruktur - Rhein

Struktur der im Oktober 2003 auf dem Niederrhein bei Xanten erfassten
Frachtschiffsdurchgänge nach Ladungsart

Ladungsart	Anzahl	1.000 t	% Anzahl	% Tonnen
Container	718	645,0	5,7	5,9
Flüssige Ladung	1.977	2.159,8	15,8	19,8
Schüttgüter	4.494	6.430,0	35,9	58,9
Stückgüter	859	756,3	6,9	6,9

über 80% sind Massengüter mit
Wasserstandsrelevanz (Niederrhein)
→ wasserstandsaffin

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick

- Wir machen Schifffahrt möglich.
- Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre
- Systemveränderungen über 100 Jahre
1. Schiffsgröße und Verkehrsmenge
 2. Wasserbauliche Nutzbarkeitsverbesserungen
 3. Hydrologie ?
- Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

Schiffsgrößenentwicklung

- **Anstieg der durchschnittlichen Schiffsgröße 1-1,5%/Jahr** (langjähriger mittlerer Trend)
- **Flottenstrukturentwicklung (weniger kleine und mehr große Schiffe)**
- **derzeit über 150 neue 135 m-Schiffe am Rhein (seit ca. 1997)**

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

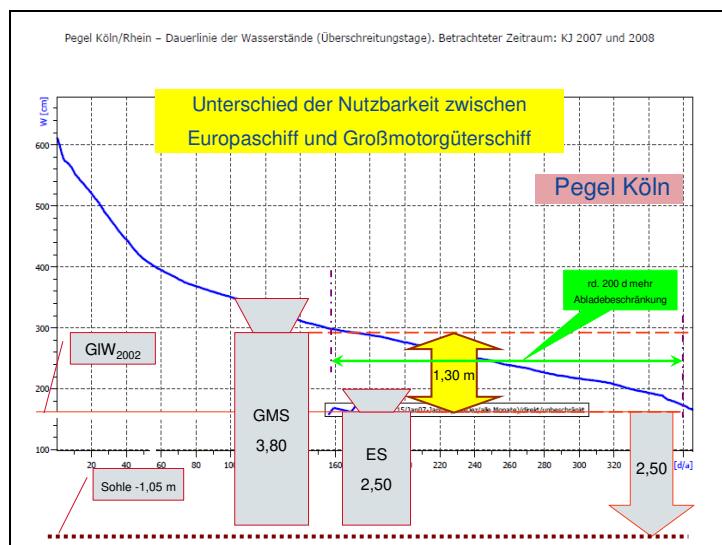
Bestandsprognose Gütermotorschiffe (deutsche und niederländische Flotte)

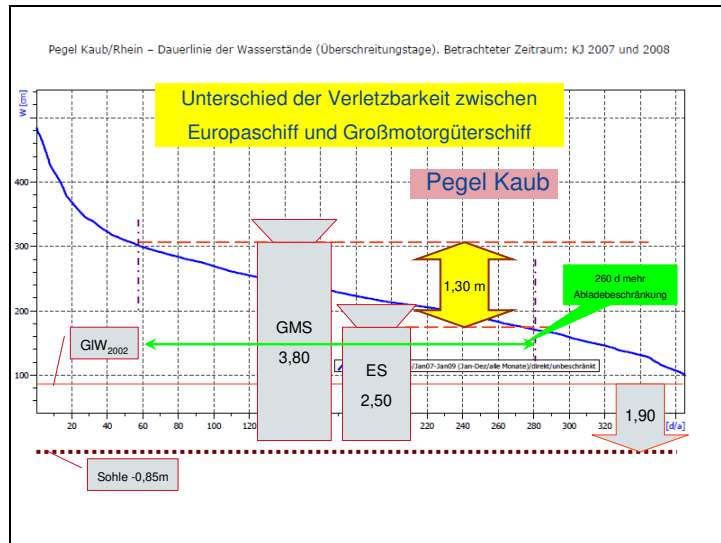
Größenklassen	2000	2015	2025
TT			
Summe Anzahl	3.559	3.204	2.965
Summe TT	3.760.912	4.013.074	4.157.530
TT je Schiff	1.057	1.252	1.402

18 % weniger Schiffe
35 % größere Schiffe

PLANCO 2006

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick





Wir machen Schifffahrt möglich.

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

**Auslastung der max. Beförderungskapazität bei unterschiedlicher
Wasserführung für verschiedene Schiffstypen**

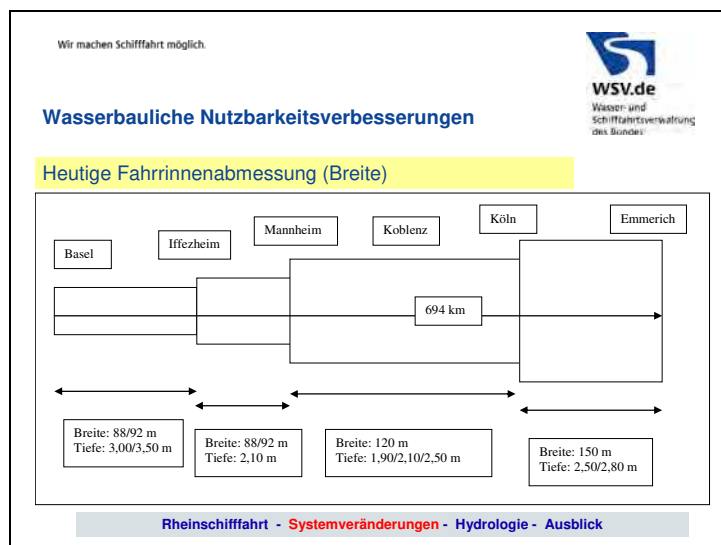
Quelle: Imperial Reederei Gruppe

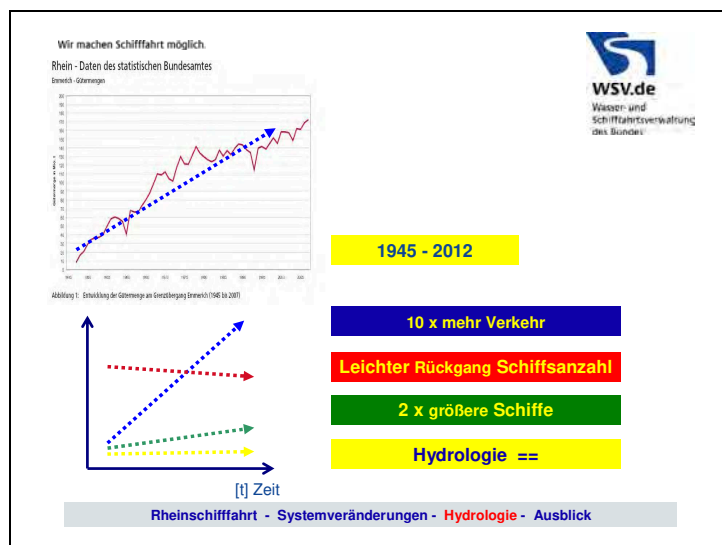
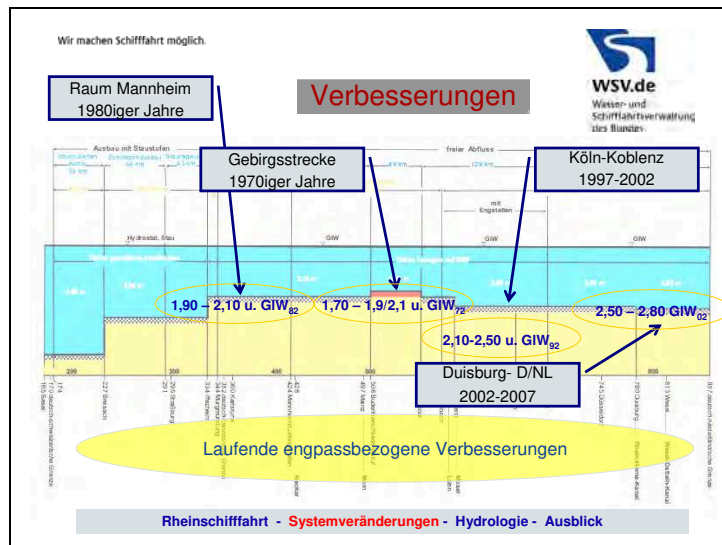
Beförderungskapazität je Schiffgröße	Tiefgang							
	3,50 m	%	2,80 m	%	2,50 m	%	2,00 m	%
L. 135,00 x B. 11,45	3700 t	100	2600 t	70	2225 t	60	1475 t	40
L. 110,00 x B. 11,40	3000 t	100	2100 t	70	1800 t	60	1200 t	40
L. 85,00 x B. 9,50	1350 t	100	1350 t	100	1350 t	100	930 t	69
L. 67,00 x B. 8,20	1000 t	100	1000 t	100	1000 t	100	670 t	67

L = Länge / B = Breite / % = in % von max. Abladung
Quelle: VBW (Weska)

Insbesondere für große Schiffe ist die Einschränkung bei Niedrigwasser am stärksten.

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - Ausblick





Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes



Ausblick über Verkehr und Hydrologie

Verwundbarkeit des Wirkungsgefüges

Verkehrswirtschaftliche Faktoren:

- 24 Stunden-Verkehre ↗
- Just in time ↗
- Lagerhaltung – verlagert von Land auf Schiff ↗
- Stärkere Import-/Exportabhängigkeit ↗
- **Schiffsraum teuer** ↘

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - **Ausblick**

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

- **Hydrologische Entwicklung:**
konstant, möglicherweise klimabedingt in den Extremen ungünstiger werdend (s. KLIWAS)
- **Verkehrliche Nutzung**
 - wird intensiver
 - wird verletzlicher - hoher ökonomischer Druck
- **System Mensch-Maschine**
 - wird immer besser technisch ausgerüstet (Radar, Autopilot, ARGO, Bugstrahlruder, IT, Internet)

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - **Ausblick**

Wir machen Schifffahrt möglich.

*Rheinschifffahrt und hydrologische Extreme –
Ein Blick auf die letzten 100 Jahre*

WSV.de
Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

- **Hydrologisch:**
 - gutes und leistungsstarkes Pegelsystem
 - aktuelle Wasserstandsvorhersage (bei NW und MW) für 2 - 4 (6) Tage weiter verbessern
 - strategische Orientierung über Wasserdargebot in den nächsten 3 - 6 Monaten verkehrswirtschaftlich hilfreich
- **Wasserbauliche Optimierung**
 - Engpassanalysen und -beseitigung
 - optimierte Baggerprogramme (schneller und örtlich präziser)

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - **Ausblick**

Wir machen Schifffahrt möglich.



Resumee und Ausblick

- Hydrologie ist zumeist eine „gegebene Größe“.
 - Systemveränderungen im Verkehr sind am stärksten.
 - Hydrologisches Dargebot ist in den letzten 100 a nahezu konstant geblieben – trotzdem empfindliche Größe (Kalkulierbarkeit!?).
 - Wasserbauliche Maßnahmen haben die Nutzung verbessert.
-
- weiterhin große Reserven im System Schiff - Wasserstraße (insbesondere Rhein)
 - hydrologische Phänomene noch aktueller, besser und langfristiger darstellen - empfindlicher

Rheinschifffahrt - Systemveränderungen - Hydrologie - **Ausblick**



Kontakt:

Dipl.-Ing. Michael Heinz

Wasser- und Schifffahrtsdirektion West
Cheruskerring 11
48147 Münster
Tel.: 0251/ 2708 401
Fax: 0251/ 2708 115
E-Mail: michael.heinz@wsv.bund.de

1978-1984

Studium Bauingenieurwesen
Technische Hochschule Darmstadt

1984-1986

Referendariat Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

1986-1987

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Süd
Dezernent für Donau und Main-Donau-Kanal

1987-1990

Neubauabteilung für den Ausbau des Mains
Sachbereichsleiter für Strecken und Anlagen

1990-1992

Wasser- und Schifffahrtsamt Köln
Sachbereichsleiter für Wasserstraßenaufsicht,
Gewässerkunde, Vermessung, Liegenschaften

1992

Wasser- und Schifffahrtsamt Duisburg-Rhein
Leiter der Außenstelle Wesel

1992-2003

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadt-
entwicklung
Referent in den Referaten:
- Technische Grundsatzangelegenheiten,
- Wasserstraßenmanagement Binnen
- Controlling

Seit 2003

Wasser und Schifffahrtsdirektion West, Münster
Leiter des Dezernates Regionales Management
Seit 2006
zusätzlich Leiter des Dezernates Neubau

Seit 2011

Vizepräsident der Wasser- und Schifffahrtsdirek-
tion West

Weitere Tätigkeiten und Mitgliedschaften

- Hafenbautechnische Gesellschaft (HTG)
- Verein für europäische Binnenschifffahrt
und Wasserstraßen (VBW)
- Wissenschaftlich-technischer Ausschuss
der DST

Schwermetallkonzentrationen der Elbe in Magdeburg bei Extremereignissen

Martina Baborowski

1 Einleitung

In der Wasserbeschaffenheit eines Flusses spiegeln sich Einflüsse von gesellschaftlichem Wandel, Landnutzung und Klima wider. Im Zusammenhang mit der Zunahme von Extremereignissen in den letzten Jahren sind Untersuchungen der Wassergüte bei Hoch- und Niedrigwasser von besonderem Interesse.

Das trifft auch auf Prognosen zur Entwicklung der Gewässergüte der Elbe zu. Nach einem deutlichen Rückgang der Gewässerbelastung nach 1989, u. a. infolge von Betriebsstillegungen, Bau bzw. Modernisierung von Kläranlagen und Änderungen in der Landnutzung (GUHR et al. 2006), sind heute noch vorhandene Gewässerbelastungen nicht rezenter Natur (FGG Elbe 2009). Das Management kontaminierter Altsedimente ist daher von besonderer Bedeutung für die Implementierung der EG-WRRL in der Elbe. Bei Hochwasser können kontaminierte Sedimente aus den Stillwasserbereichen der Elbe in die fließende Welle resuspendiert werden, bei Niedrigwasser ist die Rücklösung von Schadstoffen im Spurenbereich aus dem Sediment möglich.

Die Analyse und der Vergleich während dieser Ereignisse im Gewässer auftretender Spitzenkonzentrationen von Schadstoffen kann ein wichtiges Werkzeug für die Bewertung einer Gewässerentwicklung sowie für die Priorisierung und Erfolgskontrolle von Sanierungsmaßnahmen sein.

Demgegenüber steht die Schwierigkeit, hydrologische Extreme anhand ihrer Wasserbeschaffenheit untereinander zu vergleichen, da diese abhängig von der hydrologischen Vorgeschichte des jeweiligen Ereignisses ist. Sie wird u. a. beeinflusst von der Ursache des Ereignisses, wie Schneeschmelze oder Vb-Wetterlage im Falle eines Hochwassers (ROTH 1996), dem Ursprung des Ereignisses im Einzugsgebiet, dem Belastungszustand der betroffenen Teileinzugsgebiete zum Zeitpunkt des Ereignisses sowie der zeitlichen Abfolge der Ereignisse. Beim Vergleich historischer Ereignisse sind darüber hinaus unterschiedliche bzw. nicht ausreichend bekannte Probenahmestrategien, Probenvorbehandlungs- und Analysenmethoden zu berücksichtigen.

In der Elbe bei Magdeburg wurden in verschiedenen Jahren Untersuchungen zum Schwermetalltransport bei Hochwasser durchgeführt. Die Ergebnisse der auf einer vergleichbaren Probenahmestrategie und Analytik basierenden Messkampagnen werden nachfolgend vorgestellt und diskutiert.

2 Messstelle Magdeburg

Die Messstelle Magdeburg befindet sich bei Strom-km 318,1 am linken Ufer der Elbe. Sie ist Bestandteil nationaler (Flussgebietsgemeinschaft Elbe) und internationaler (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Europäische Gemeinschaft) Überwachungsprogramme. Die Messstelle ist seit 1990 in Betrieb. Erste regelmäßige Untersuchungen der Wasserbeschaffenheit sind ab dem Jahr 1929 dokumentiert (Quelle: Informationsplattform Undine der BfG, <http://undine.bafg.de>).

2.1 Wasserbeschaffenheit an der Messstelle

Die Wassergüte der Elbe an der Messstelle wird durch Einträge aus dem Oberlauf der Elbe sowie Einträge aus den 59 km bzw. 23 km oberhalb am linken Ufer in die Elbe mündenden Nebenflüssen Mulde und Saale beeinflusst. Unter normalen Abflussbedingungen spiegeln an der Messstelle erhobene Daten daher die Wassergüte der Mittleren Elbe wider.

Im Hinblick auf die Beeinflussung der Schwermetallkonzentrationen in der Elbe bei km 318,1 sind Einträge von Cadmium (Cd), Zink (Zn) und Quecksilber (Hg) aus dem tschechischen Teil der Elbe, von Cd, Arsen (As), Zn, Hg, Kupfer (Cu) und Blei (Pb) aus der Mulde sowie Pb, Cd, Zn, Hg und Cu aus der Saale von Bedeutung (FGG Elbe 2009).

2.2 Hydrologischer Bezugspegel

Der hydrologische Bezugspegel für die Gütemessstelle Magdeburg bei km 318,1 ist der Pegel Magdeburg Strombrücke. Er befindet sich am linken Ufer der Elbe bei km 326,67. Der Abfluss an der Messstelle unterliegt einer hohen Variabilität, sowohl bezogen auf die Höhe des Abflusses als auch auf die Häufigkeit des Auftretens und die Abfolge von Hoch- und Niedrigwasserereignissen. In Tabelle 1 wird eine Übersicht über die wichtigsten hydrologischen Kennzahlen gegeben.

Tabelle 1

Gewässerkundliche Hauptwerte [1930-2009] des hydrologischen Bezugspegels bei km 326,67 (Quelle: Informationsplattform Undine der BfG)

Hauptwert	Q in m ³ /s	Datum
NQ	102	22.07.1934
MNQ	232	
MQ	556	
MHQ	1820	
HQ	4010	19.08.2002

Eine Kategorisierung von Extremereignissen der Elbe für den Stromabschnitt zwischen Dresden (Oberelbe) und Neu Darchau (Mittlere Elbe) wurde von SCHWANDT & HÜBNER (2009) vorgenommen. Danach wird zwischen Extremereignissen, die für die Elbe durchgängig von Bedeutung sind (Typ A), Extremereignissen, die in Teilabschnitten der Elbe auftreten (Typ B) und weiteren bemerkenswerten Ereignissen (Typ C) unterschieden.

Von regionaler Bedeutung für die Elbe bei Magdeburg sind darüber hinaus Hochwasserereignisse, bei denen das Pretziener Wehr geöffnet werden muss. Das Wehr befindet sich im Einlaufbereich eines 27 km langen, zwischen 1871 und 1875 gebauten, Umflutkanals, der dem Hochwasserschutz der Städte Schönebeck und Magdeburg dient. Es wird bei Überschreitung eines Richtwertes von 5,92 m am Pegel Barby gezogen. Über den 17,2 km oberhalb der Messstelle am rechten Ufer der Elbe abzweigenden Kanal können ca. 35 % der Hochwassermenge, max. 1800 m³/s der Hochwasserspitze des Hauptstroms abgeleitet werden. Während der Jahrhundertflut 2002 waren das ca. 1000 m³/s (SIMON 2002). In der Elbe überwiegen Winterhochwasser gegenüber Sommerhochwassern. Das Wehr wurde zwischen 1875 und 2011 63-mal geöffnet, davon 55-mal im Winter und 8-mal im Sommer (Quelle: www.pretziener-wehr.de).

3 Methodik

Unsicherheiten im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Wassergüte bei Hochwasser können verringert werden, wenn den Untersuchungen eine vergleichbare Probenahme-strategie zu Grunde gelegt wird. Im Falle der Mittleren Elbe, mit Bühnenfeldern und Auen als charakteristische morphologische Merkmale, muss diese Strategie die beginnende Sedimenterosion im Zuge der sich aufbauenden Hochwasserwelle berücksichtigen (BABOROWSKI et al. 2004). Für den Beginn der Erosion der in den Bühnenfeldern abgelagerten Sedimente existieren regional spezifische Schwellwerte des Abflusses. Werden die bei diesen Abflüssen in der Wasserphase auftretenden Konzentrationen durch die Messkampagne erfasst, ist es möglich, Hochwasser anhand ihrer gemessenen Maximalkonzentrationen untereinander zu vergleichen (BABOROWSKI et al. 2012). Die Grundlage dafür stellt, neben dem Beginn der Überströmung der Bühnenköpfe der Bühnenfelder, der zu diesem Zeitpunkt des Hochwassers annähernd vergleichbare Anstieg des Abflusses und die daraus resultierende vergleichbare Verdünnung der in der fließenden Welle transportierten Stoffkonzentrationen dar.

3.1 Probenahme

Im Frühjahr 1995, 2005 und 2006 sowie im Sommer 2002 wurden an der Messstelle Magdeburg Sonderuntersuchungen bei Hochwasser durchgeführt. Der abflussspezifische Erosionsschwellwert für die Messstelle liegt bei 800 m³/s (BABOROWSKI et al. 2004). Nach Überschreiten dieses Abflusses wurden täglich Stichproben gezogen und in ihnen u. a. die Konzentration von Schwermetallen und Arsen, Bor (B) sowie der Trockenrückstand (TR) der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) und die Konzentration der Chloridionen (Cl⁻) bestimmt.

3.2 Analytik

Die Bestimmung der Konzentration an Schwermetallen, Arsen und Bor erfolgte in der homogenisierten Gesamtprobe mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach HNO₃/H₂O₂ Mikrowellenaufschluss. Die Chloridionen-Konzentration wurde mittels Ionenchromatographie bestimmt, der Trockenrückstand der abfiltrierbaren Stoffe nach DIN 38409-2 unter Verwendung von Whatman GF/F Filtern zur Abtrennung der suspendierten partikulären Stoffe.

4 Ergebnisse und Diskussion

Bei den nachfolgend diskutierten Ergebnissen von Hochwasseruntersuchungen werden zwei Extremereignisse der Kategorie A (Hochwasser 2002 und 2006) mit Bedeutung für das gesamte Einzugsgebiet der Elbe (SCHWANDT & HÜBNER 2009) und zwei für das Einzugsgebiet der Mittleren Elbe bedeutsame Ereignisse (Hochwasser 1995 und 2005) betrachtet. Gemeinsam ist allen Ereignissen die erforderliche Öffnung des Pretziener Wehres.

4.1 Innere Struktur einer Hochwasserwelle

Am Beispiel des Hochwassers 2006 soll veranschaulicht werden, wie sich die Summe der bei Hochwasser ablaufenden Prozesse und Einflussfaktoren in der Änderung der Wassergüte während einer Hochwasserwelle widerspiegeln kann. Zur Berücksichtigung möglichst vieler Messgrößen ist in Abb. 1 der Verlauf der Stoffkonzentrationen sowie des Abflusses normiert auf den jeweiligen Maximalwert dargestellt. Deutlich zu sehen ist, dass die Maximalwerte der untersuchten Schwermetalle lange Zeit vor dem Scheitel der Hochwasserwelle zu verzeichnen sind.

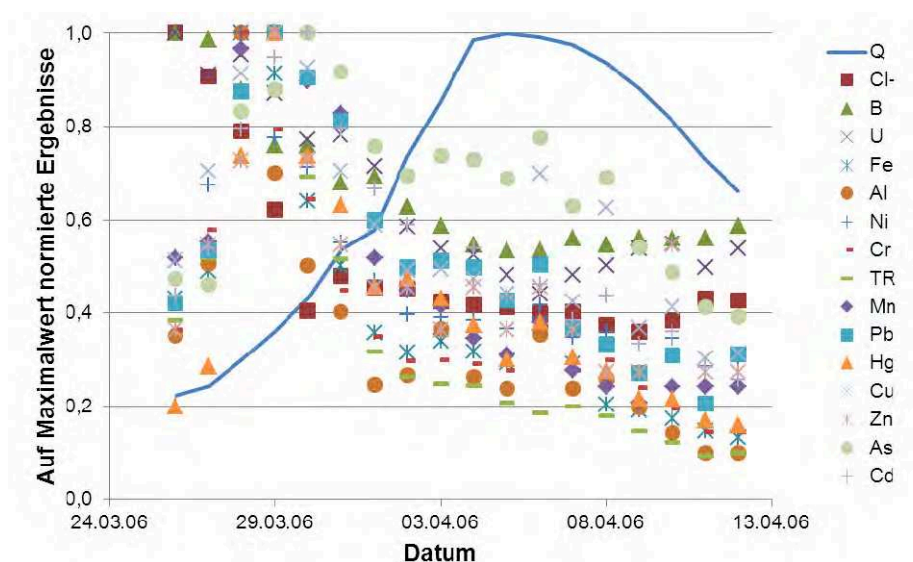


Abb. 1: Änderung der Konzentration ausgewählter Untersuchungsparameter während des Frühjahrshochwassers 2006; Elbe-km 318,1 linkes Ufer.

In Tabelle 2 sind die untersuchten Parameter nach dem Zeitpunkt des Auftretens ihrer Maximalwerte gruppiert. Die sich herausgebildeten Gruppen lassen sich anhand von Indikatorparametern gut durch den Einfluss unterschiedlicher Prozesse/Quellen erklären.

Gruppe 1 (Cl, B, U): Parameter dieser Gruppe weisen unter normalen Abflussbedingungen ein relativ stabiles Konzentrationsniveau auf und werden vorwiegend gelöst transportiert. Zu Beginn der Hochwasserwelle sind ihre Konzentrationen am höchsten. Im weiteren Verlauf der Hochwasserwelle werden sie verdünnt. Nach Ablauf des Ereignisses erreichen sie wieder ihr ursprüngliches Konzentrationsniveau. Während Cl und U (Uran) geogene und anthropogene Einflüsse aus Bergbau und Industrie widerspiegeln, kann B als Indikator für Einflüsse von Kläranlagen verwendet werden (BABOROWSKI et al. 2009).

Gruppe 2 (Fe, Al, Ni, Cr): Gruppe 2 enthält mit Fe und Al als typische Sediment- und Bodenbestandteile sowie geogenen Anteilen von Ni und Cr überwiegend partikulär transportierte Schwermetalle. Ihre Konzentration in der Wasserphase wird durch die beginnende Erosion von Böden und Sedimenten oberhalb der Messstelle am Beginn der sich aufbauenden Hochwasserwelle bestimmt.

Gruppe 3 (TR, Mn, Pb, Hg, Cu, Zn): Diese Gruppe enthält Parameter, die Indikatoren für die Beeinflussung der Wassergüte an der Messstelle durch Einträge aus der 23 km oberhalb der Messstelle einmündenden Saale darstellen. Dabei spiegeln Pb, Cu und Zn Einflüsse des Altbergbaus und Hg Einflüsse resuspendierter kontaminierte Altsedimente aus dem Einzugsgebiet wider (WEIGOLD & BABOROWSKI 2009).

Gruppe 4 (As, Cd): Die in dieser Gruppe enthaltenen Parameter sind typische Indikatoren für Belastungseinträge aus der Mulde (WEIGOLD & BABOROWSKI 2009).

Im Verlauf einer Hochwasserwelle auftretende Maxima einzelner Schwermetalle, die sich in ihrer Gruppierung deutlich von anderen Schwermetallen unterscheiden, können auf Probleme mit diesen Stoffen in dem die Gruppe charakterisierenden Kompartiment (z. B. Bühnenfeld) oder Teileinzugsgebiet (z. B. Saale, Mulde) hinweisen. Daraus können Ansatzpunkte zur Priorisierung von Maßnahmen, z. B. innerhalb des Sedimentmanagements abgeleitet werden.

Tabelle 2

Zeitliches Auftreten der Maximalwerte der normierten Messgrößen an der Messstelle Magdeburg während des Frühjahrshochwassers 2006

	Q MDII	Cl ⁻ MDII	B MDII	U MDII	Fe MDII	Al MDII	Ni MDII	Cr MDII	TR MDII	Mn MDII	Pb MDII	Hg MDII	Cu MDII	Zn MDII	As MDII	Cd MDII
26.03.06	0,22	1,00	1,00	1,00	0,43	0,35	0,47	0,36	0,38	0,52	0,42	0,20	0,51	0,36	0,47	0,44
27.03.06	0,24	0,91	0,99	0,91	0,49	0,51	0,68	0,58	0,52	0,55	0,53	0,28	0,71	0,55	0,46	0,54
28.03.06	0,30	0,79	0,88	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,97	0,88	0,74	0,91	0,73	0,83	0,79
29.03.06	0,36	0,62	0,76	0,87	0,91	0,70	0,78	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	0,95
30.03.06	0,43	0,40	0,76	0,77	0,64	0,50	0,71	0,64	0,69	0,90	0,91	0,74	0,93	0,73	1,00	1,00
31.03.06	0,53	0,48	0,68	0,78	0,50	0,40	0,55	0,45	0,52	0,83	0,81	0,63	0,71	0,55	0,92	0,79
01.04.06	0,58	0,45	0,69	0,72	0,36	0,25	0,47	0,35	0,32	0,52	0,60	0,46	0,59	0,45	0,76	0,67
02.04.06	0,74	0,45	0,63	0,59	0,31	0,27	0,40	0,30	0,26	0,45	0,50	0,47	0,49	0,45	0,69	0,59
03.04.06	0,85	0,42	0,59	0,54	0,34	0,37	0,39	0,30	0,25	0,41	0,51	0,43	0,49	0,36	0,74	
04.04.06	0,99	0,42	0,55	0,52	0,32	0,26	0,38	0,29	0,24	0,34	0,50	0,37	0,47	0,45	0,73	0,54
05.04.06	1,00	0,41	0,53	0,48	0,29	0,24	0,37	0,28	0,21	0,31	0,43	0,30	0,44	0,36	0,69	0,44
06.04.06	0,99	0,40	0,53	0,44	0,38	0,35	0,42	0,37	0,18	0,38	0,50	0,38	0,70	0,45	0,78	0,46
07.04.06	0,98	0,40	0,56	0,48	0,29	0,24	0,35	0,28	0,20	0,28	0,37	0,31	0,42	0,36	0,63	0,38
08.04.06	0,94	0,37	0,55	0,50	0,20	0,26	0,36	0,30	0,18	0,24	0,33	0,27	0,63	0,27	0,69	0,44
09.04.06	0,88	0,36	0,56	0,54	0,19	0,20	0,33	0,24	0,15	0,21	0,27	0,22	0,37	0,27	0,54	0,33
10.04.06	0,81	0,38	0,56	0,55	0,17	0,14	0,35	0,20	0,12	0,24	0,31	0,22	0,41	0,55	0,49	0,36
11.04.06	0,73	0,43	0,56	0,50	0,15	0,10	0,28	0,14	0,09	0,24	0,21	0,17	0,30	0,27	0,41	0,28
12.04.06	0,66	0,43	0,59	0,54	0,13	0,10	0,30	0,14	0,10	0,24	0,31	0,16	0,31	0,27	0,39	0,26
Gruppe: Verdünnung Erosion Saale Mulde																

4.2 Hochwasser als Indikator der Belastungsentwicklung

Ein Vergleich der bei Hochwasser auftretenden Maximalkonzentrationen relevanter Spurenstoffe über einen längeren Zeitraum kann Hinweise über die Belastungsentwicklung in einem Einzugsgebiet, bezogen auf den betreffenden Parameter, liefern.

Daher wird am Beispiel jeweils eines typischen Indikatorparameters der für das Hochwasser 2006 beschriebenen Gruppen die Entwicklung der bei Hochwasser auftretenden Maxima im Zeitraum zwischen 1995 und 2006 diskutiert. Zur Vergleichbarkeit der Ereignisse sind in den Abbildungen 2 bis 6 die jeweiligen Abflüsse und Stoffkonzentrationen in „Tagen nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes“ des Abflusses (800 m³/s) aufgetragen.

Bezüglich der Abflüsse (Abb. 2) unterscheiden sich die Extremereignisse 2002 und 2006 (Hochwasser des Typs A nach SCHWANDT & HÜBNER 2009) deutlich von den „normalen“ Hochwasserereignissen 1995 und 2005, die in der Nähe des MHQ liegen.

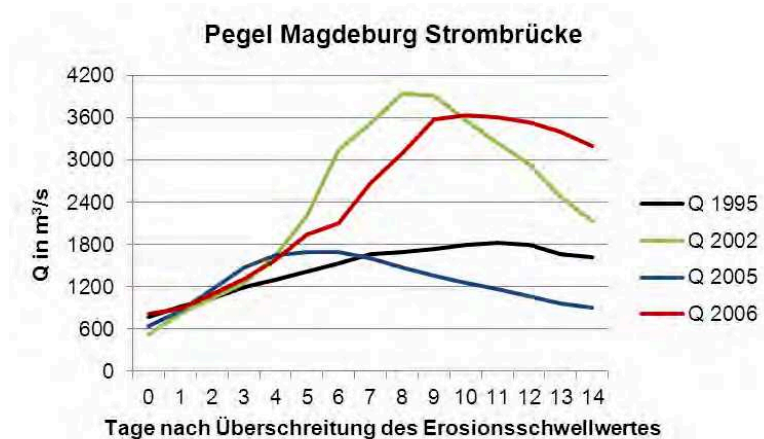


Abb. 2: Änderung des Abflusses ausgewählter Hochwasser nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes

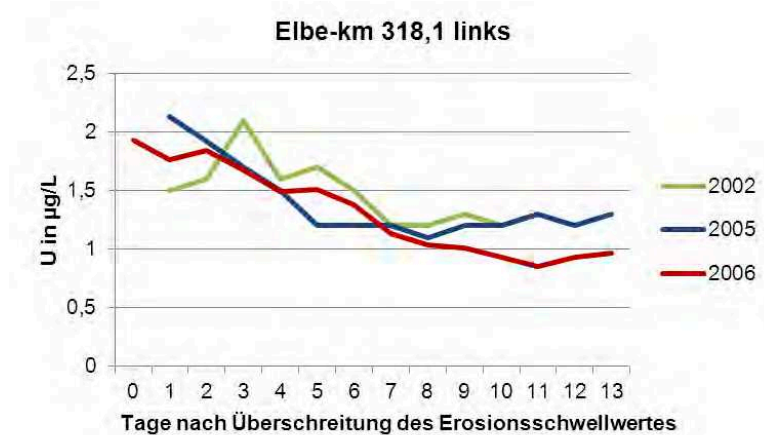


Abb. 3: Änderung der Urankonzentrationen bei Hochwasser nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes des Abflusses (1995: kein Daten verfügbar)

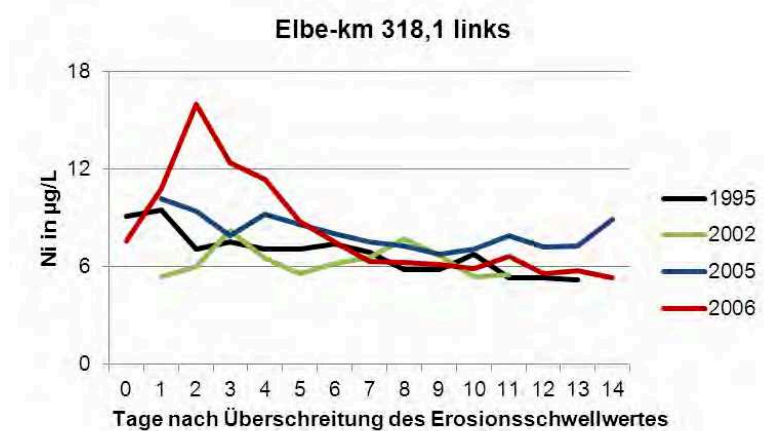


Abb. 4: Änderung der Nickelkonzentrationen bei Hochwasser nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes des Abflusses

Vergleich der U-Konzentrationen (2006: Gruppe 1 – Verdünnung): Der Verlauf der U-Konzentrationen (Abb. 3) unterscheidet sich deutlich von dem der übrigen Schwermetalle und As. Die U-Konzentrationen zeigen einen ähnlichen Trend bei allen Ereignissen, charakterisiert durch eine Abnahme der Anfangskonzentrationen mit steigendem Abfluss. Nach Abklingen der Hochwasserwelle wird wieder das ursprüngliche Konzentrationsniveau erreicht. Das deutet auf ein relativ gleichbleibendes Belastungsniveau im Einzugsgebiet der Mittel Elbe hin.

Vergleich der Ni-Konzentrationen (2006: Gruppe 2 – Erosion): Eine anhaltende Verbesserung der Nickelbelastung im Einzugsgebiet der Mittleren Elbe müsste sich in abnehmenden Maximalwerten bei Hochwasser nach 1995 widerspiegeln. Die Maximalwerte der Ni-Konzentrationen bei Hochwasser (Abb. 4) zeigen jedoch keinen abnehmenden Trend nach 1995, was auf einen hohen geogenen Anteil am Belastungsniveau zurückzuführen ist. Signifikant erhöhte Nickelkonzentrationen wurden während des Extremhochwassers 2006 (Typ A-Ereignis nach SCHWANDT & HÜBNER 2009) gemessen. Das Tauen von hohen Schneerücklagen mit relativ hohem Wasseranteil in den Mittelgebirgen, nach einer lang anhaltenden Frostperiode, führte zu einem sehr steilen Anstieg der Abflüsse (Informationsplattform Undine der BfG), einhergehend mit einer verstärkten Erosion von Böden und Sedimenten. Die Nickelkonzentrationen bei km 318,1 werden maßgeblich durch Einträge aus der Saale bestimmt (WEIGOLD & BABOROWSKI 2009). Das wird durch die hohen Ni-Konzentrationen während des Extremhochwassers 2006 im Vergleich zum Extremereignis 2002 unterstrichen. Typisch für das Jahrhunderthochwasser 2002 war, dass das Einzugsgebiet der Saale nicht an der Entstehung des Hochwassers beteiligt war, was zu niedrigeren Nickelkonzentrationen in der fließenden Welle führte.

Vergleich der Konzentrationen des TR der AFS (2006: Gruppe 3 – Saale): Bezüglich der Konzentration suspendierter partikulärer Stoffe (TR der AFS) in der Wasserphase ist eine rückläufige Entwicklung seit 1995 zu verzeichnen (Abb. 5). Das wird besonders beim Vergleich der Maximalwerte der Hochwasser mit ähnlichem Abfluss (1995 und 2005) deutlich. Während des Extremhochwassers 2006 gemessene, höhere Konzentrationen als 2005 erreichen das Maximum der Konzentrationen von 1995 nicht und treten, im Vergleich zu 1995, erst mehrere Tage nach Überschreiten des Erosionsschwellwertes des Abflusses auf. Das deutet auf eine Verschiebung der Priorität der Quellen an erodierbaren Stoffen von den Sedimenten der Bühnenfelder zu den Einzugsgebieten der Nebenflüsse hin. Analog der erhöhten Ni-Konzentrationen 2006 sind sie dem Einzugsgebiet der Saale zuzuordnen, was durch die geringen Konzentrationen während des Hochwassers 2002, an dem die Saale nicht beteiligt war, gestützt wird. Erhöhte Einträge von partikulären Stoffen aus der Saale sind insbesondere der Remobilisierung von Sedimentdepots in den Stauhaltungen in ihrem Unterlauf zuzuschreiben.

Vergleich der As-Konzentrationen (2006: Gruppe 4 – Mulde): Die Bedeutung der Mulde für die As-Belastung der Mittleren Elbe wird auch durch die in Abb. 6 dargestellten Ergebnisse unterstrichen. Aufgrund von Schäden an Hinterlassenschaften des Altbergbaus im Einzugsgebiet der Mulde wurden an der Messstelle die höchsten Konzentrationen an As während des Hochwassers 2002 gemessen. Neben Pb zählte As zu den Problemelementen des Extremhochwassers 2002 (BABOROWSKI et al. 2004). Bezüglich der Anfangskonzentrationen bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen 1995 und 2005. Im Gegensatz zu Ni und dem TR der AFS bewirkte das Hochwasser 2006 keine vergleichbare Erhöhung der Maximalkonzentrationen von As, was die geringere Bedeutung der Saale für die As-Belastung der Messstelle Magdeburg unterstreicht und die Befunde von WEIGOLD & BABOROWSKI 2009 stützt.

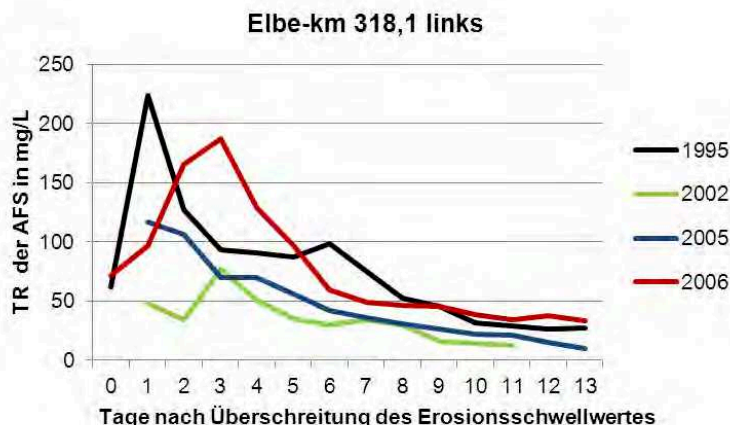


Abb. 5: Änderung der Schwebstoffkonzentrationen bei Hochwasser nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes des Abflusses

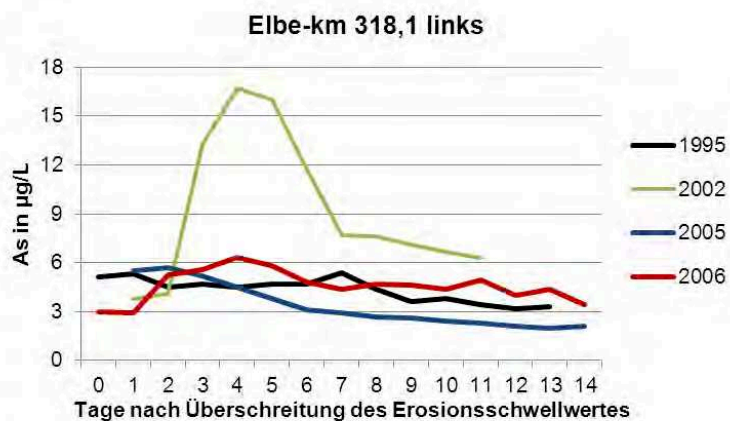


Abb. 6: Änderung der Arsenkonzentrationen bei Hochwasser nach Überschreitung des Erosionsschwellwertes des Abflusses

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Methodik ist geeignet, die Auswirkungen verschiedener Hochwasser auf die Wassergüte eines Gewässers zu vergleichen. Sonderuntersuchungen bei Hochwasser stellen ein wichtiges Bindeglied für übergreifende Betrachtungen der Kompartimente Sediment - Wasser - Boden dar. Da das zeitliche Auftreten der Maximalkonzentrationen u. a. von der Entfernung einer Quelle zur Messstelle bestimmt wird, kann die Methode einen Hinweis auf vorhandene Belastungsquellen im Einzugsgebiet liefern. Damit werden zusätzliche Informationen, die für eine Priorisierung der Quellen im Hinblick auf ihre Sanierung von Bedeutung sind, zur Verfügung gestellt.

Extremereignisse unterscheiden sich bezüglich ihrer Auswirkung auf die Gewässergüte von mittleren Hochwassern. Beide Ereignisse liefern wichtige Informationen über das Einzugsgebiet. Extremhochwasser können die Wasserbeschaffenheit durch Auswirkungen von außergewöhnlichen Zerstörungen im Siedlungsbereich, insbesondere im Falle von Hinterlassenschaften des Altbergbaus und industriellen Altlasten überprägen. Für die Abschätzung langfristiger Belastungstrends ist daher die Untersuchung mittlerer Hochwasserereignisse zu empfehlen.

Literatur

- BABOROWSKI, M., O. BÜTTNER, P. MORGENSTERN, T. JANCKE, B. WESTRICH (2012): Spatial variability of metal pollution in groyne fields of the Middle Elbe - Implications for sediment monitoring. *Environ. Pollut.* 167, 115-123.
- BABOROWSKI, M., J. SCHÄFER, G. BLANC, J. PELZER, T. TERNES, W. VON TÜMPLING, E. CLAUS (2009): Der Einfluss von Niedrigwasser auf Stofftransport und Umsetzungen in großen Flüssen - Beispiel Elbe. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, Stralsund, 18.-20.05.2009. Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Frankfurt/Main, Tagungsband, S. 261-265
- BABOROWSKI, M., W. VON TÜMPLING, K. FRIESE (2004): Behaviour of suspended particulate matter (SPM) and selected trace metals during the 2002 summer flood in the River Elbe (Germany) at Magdeburg monitoring station. *Hydrology and Earth System Sciences* 8: 135-150.
- DIN 38409-2: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H); Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe und des Glührückstandes (H 2).
- FGG Elbe (2009): Hintergrundpapier zur Ableitung der überregionalen Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer im deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Belastungsschwerpunkt Schadstoffe. Hintergrundpapier der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG), Abschlussbericht vom 02.04.2009, (www.fgg-elbe.de/hintergrundinformationen.html), letzter Zugriff 22.01.2013.
- GUHR, H., D. SPOTT, U. DREYER (2006): Die Wiedergenesung der Elbe nach dem gesellschaftlichen Umbruch in Deutschland und Tschechien. In: Steinberg CEW, Calmano W, Klapper H, Wilken RD (eds), *Handbuch Angewandte Limnologie* 25. Wiley-VCH, Weinheim, 3-56.
- Informationsplattform Undine der BfG: Datengrundlagen zur Einordnung und Bewertung hydrologischer Extreme, Bundesanstalt für Gewässerkunde, (<http://undine.bafg.de>), letzter Zugriff 22.01.2013.
- ROTH, R. (1996): Einige Bemerkungen zur Entstehung von Sommerhochwasser aus meteorologischer Sicht. *Z. f. Kulturtechnik und Landesentwicklung*, 37, 241-245.
- SIMON, M. (2002): Das Jahrtausend-Hochwasser. *Wasserwirtschaft Wassertechnik*, 7, 12-15.
- SCHWANDT, D., G. HÜBNER (2009): Hydrologische Extreme im Wandel der Jahrhunderte - Auswahl und Dokumentation für die Informationsplattform Undine. - *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 26.09. S. 19-24, Hennef.
- WEIGOLD, F., M. BABOROWSKI (2009): Consequences of delayed mixing for quality assessment of river water: example Mulde-Saale-Elbe. *J. Hydrol.* 369 (3-4), 296-304.



Kontakt:

Martina Baborowski

Helmholtz-Zentrum für

Umweltforschung (UFZ)

Brückstr. 3a, 39114 Magdeburg

Tel.: 0391/ 8109 630

Fax: 0391/ 8109 150

E-Mail: martina.baborowski@ufz.de

1971-1975

Studium der Chemie an der Technischen Universität Dresden, Vertiefungsrichtung Hydrochemie

1975-1994

Wissenschaftlicher Mitarbeiter in verschiedenen Einrichtungen der Gewässerforschung

seit 1995

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im UFZ, Department Fließgewässerökologie

Projektbearbeitung (Auswahl):

2002-2004: Schadstoffbelastung nach dem Elbehochwasser 2002, Teilprojekt Kolloide und Schadstoffe (Schwermetalle) in der Elbe bei Hochwasserereignissen (Ad-hoc-Projekt BMBF)

2004-2009 Aqua Terra, Mitarbeit im work package „Elbe basin“ (EU Integrated Project)

Chemisch-physikalische Wasseruntersuchungen zu hydrologischen Extremen der Elbe in Geschichte und Gegenwart

Gerd Hübner und Daniel Schwandt

1 Einleitung

Die Kenntnis der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern während extremer Hoch- und Niedrigwasser leistet einen Beitrag zum hydrologischen Systemverständnis und wird zunehmend als bedeutsames Forschungsfeld erkannt. Das vom Bundesumweltministerium beauftragte und an der Bundesanstalt für Gewässerkunde bearbeitete Projekt: "Verbesserung der Datengrundlage zur Einordnung und Bewertung hydrologischer Extreme" hat sich die Aufgabe gestellt, den Kenntnisstand zu außergewöhnlichen Hoch- und Niedrigwasserereignissen in den durch Deutschland fließenden Strömen zu verbessern. Betrachtet werden Extremereignisse in Geschichte und Gegenwart. Dabei geht es sowohl um deren Entstehung und quantitativ hydrologische Ausprägung als auch um die physikalisch-chemischen und hygienischen Verhältnisse im Gewässer.

Die Elbe war das Pilotgewässer für die im Projekt entwickelte Informationsplattform "Undine" (<http://undine.bafg.de>), die in SCHWANDT & HÜBNER (2012) näher beschrieben wird, und bildet den bisherigen Rechenschwerpunkt zu historischen Daten der Flusswasserbeschaffenheit. Nachfolgend sollen sehr frühe Untersuchungen der Wasserbeschaffenheit der Elbe während extremer Hoch- und Niedrigwasserereignisse exemplarisch vorgestellt und im Vergleich zur Situation im 21. Jahrhundert betrachtet werden.

2 Elbewasserbeschaffenheit bei Hochwasser

Quantitative chemische Analysen des Elbewassers begannen um die Mitte des 19. Jahrhunderts (BISCHOF 1854). Unter den extremen Hochwasserereignissen der Elbe im Zeitraum 1850-1899, zu denen die Hochwasser im Februar 1862, Februar/März 1876, März 1881 und September 1890 zählen, konnten nur für das Frühjahrshochwasser 1881 Wasserbeschaffungsdaten ermittelt werden. Hier wollte es der Zufall, dass eine Stichprobe aus einem monatlichen Routinemessprogramm der Elbe in Dresden fast mit dem Hochwasserscheitel zusammenfiel (FLECK 1882). Diese Beprobung und ihre Ergebnisse werden in Abbildung 1 bzw. Tabelle 1 mit dem Ergebnis einer Analyse des Elbewassers in Dresden bei einer ähnlichen

Durchflusssituation während des Frühjahrshochwassers 2006 verglichen (LfUG Sachsen 2006). Beide Probenahmen (15.03.1881 / 6.04.2006) erfolgten von der Dresdener Albertbrücke nach Überschreitung des Hochwasserscheitels.

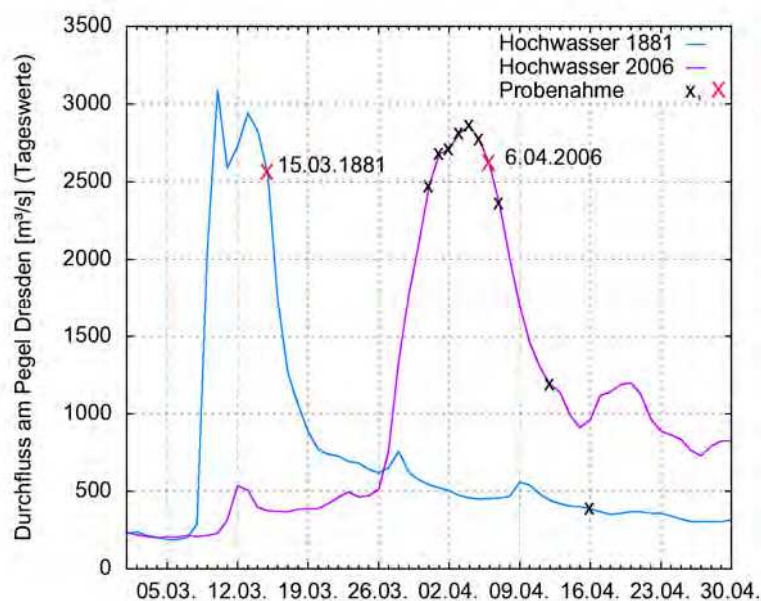


Abb. 1: Elbe-Hochwasserwelle im Frühjahr 1881/2006 in Dresden und Probenahmezeitpunkte (nach FLECK 1882, LfUG Sachsen 2006 und Wasser- und Schifffahrtsverwaltung [WSV]; leicht verändert aus SCHWANDT et al. 2011)

Tabelle 1

Wasserbeschaffenheit der Elbe in Dresden bei extremem Hochwasser am 15.03.1881 / 6.04.2006 anhand ausgewählter Kenngrößen im Vergleich zur jeweiligen Jahresspannweite (nach FLECK 1882, LfUG Sachsen 2006 und ARGE Elbe 2007 [Schmilka, rechtes Ufer]; nach SCHWANDT et al. 2011)

	Chlorid [mg/L]	Sulfat [mg/L]	Siliciumdioxid [mg/L]	Ammonium [N mg/L]	Härte [°dH]
Dresden, 15.03.1881	5	14	10	0,1	4
Dresden, Spanne 1881 (Probenzahl)	5-10 (12)	10-22 (12)	3-12 (12)	0,1-0,3 (12)	3-5 (12)
Dresden, 06.04.2006	19	40	9	0,3	6
Schmilka, Spanne 2006 (Probenzahl)	17-49 (24)	38-76 (24)	4-10 (24)	0,0-0,7 (24)	6-10 (13)

Die Analysenergebnisse der beiden Hochwasserproben werden in Tabelle 1 in Bezug zur Spannweite aller Messwerte im Jahr des Hochwasserereignisses gesetzt. Da es in Dresden keine Messstation der ARGE Elbe gibt, wurden zur Ermittlung der Extremwerte für das Jahr 2006 die Werte der ca. 50 Fluss-km oberhalb befindlichen Messstation Schmilka zugrunde gelegt.

Beim Vergleich der Analysenergebnisse von 1881 mit denen aus dem Jahr 2006 wird das geringere Belastungsniveau im 19. Jahrhundert deutlich. Der verdünnende Einfluss des Hochwassers zeigt sich insbesondere bei Chlorid und Sulfat.

3 Elbewasserbeschaffenheit bei Niedrigwasser

3.1 Das Niedrigwasser 1893

In die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts fallen die extremen Niedrigwasserereignisse der Elbe vom Herbst 1874 und Sommer 1893, wobei nur für das letztere Ereignis Daten zur Wasserbeschaffenheit gefunden wurden. Das Elbe-Niedrigwasser im Zeitraum Juli bis September 1893 wurde maßgeblich durch die große Frühjahrstrockenheit im März/April 1893 verursacht (GRUNOW 1935). Auf einen niederschlagsreichen Mai folgte ein trocken-heißer Sommer, der an der Elbe zeitweise eine extrem niedrige Wasserführung zur Folge hatte.

Um das Messgeschehen und die Analysenergebnisse zur Wasserbeschaffenheit der Elbe im Jahr 1893 einordnen zu können, müssen Vorgänge im Saale-Einzugsgebiet bekannt sein: Der Wasserspiegel des einst zwischen Halle und Eisleben gelegenen Salzigen Sees begann im Jahr 1892 durch einen Erdfall am Seegrund schnell abzusinken (ULE 1895). Gleichzeitig traten große Mengen von hoch konzentriertem Salzwasser in die Schächte des Mansfelder Kupferschieferbergbaus ein. Das eindringende Wasser wurde über den Mansfelder Schlüsselstollen in die zur Saale fließende Schlenze abgeführt. Die beträchtlichen Salzwasserausträge aus dem Schlüsselstollen in den Jahren 1892 bis 1894 (PFEIFFER 1923) verstärkten die schon durch die Kali-Industrie bestehende Salzbelastung der Saale und Elbe erheblich. Im Januar/Februar 1893 betrug der Schlüsselstollenablauf etwa 1,5 m³/s mit 63,4 g/L Chlorid am 1. Februar (OHLMÜLLER 1896). Weitere Messungen vom 30. Mai bis 4. Juni 1893 ergaben im Mittel eine Chlorid-Konzentration von 58,5 g/L, wobei für den 1. Juni ein Abfluss von 1,483 m³/s registriert ist. Obgleich der Salzige See 1894 komplett ausgepumpt wurde (OEHLER 1894), stellt der Ausfluss des Schlüsselstollens bis heute eine bedeutende Punktquelle der Wasserbelastung im Elbegebiet dar. Am 3. Juni 2008 wurde ein Stollenausfluss von 0,4 m³/s mit einer Chlorid-Konzentration von rund 19 g/L ermittelt (ROSS 2008).

An der Elbe in Magdeburg stellten sich bereits im Winter 1892/93 unter Eisbedeckung sehr niedrige Wasserstände ein und die Salzkonzentration des Flusswassers stieg stark an (Abb. 2). Am 8. Januar 1893 wurde auf der linken Uferseite der Stromelbe beim Wasserwerk Buckau der Spitzenwert von 1789 mg/L Chlorid gemessen (PFEIFFER 1908), OEHLER (1894) gibt für diesen Tag sogar 1810,5 mg/L an. So hohe Konzentrationen des Chlorids traten nach unseren Recherchen in der Elbe bei Magdeburg bis heute nicht mehr auf. Auch die Härte des Wassers nahm beträchtlich zu und erreichte nach PFEIFFER (1908) bis zu 30,7 °dH. Da Magdeburg zu dieser Zeit auf Trinkwasser aus der Elbe angewiesen war, entstanden aufgrund der Ungenießbarkeit des Wassers erhebliche Versorgungsprobleme.

Während des überregional an der Elbe zu beobachtenden sommerlichen extremen Niedrigwassers wurden zwar wiederum hohe Werte für Chlorid (Abb. 2) und Härte gemessen, diese erreichten aber nicht mehr das Spitzenniveau vom Januar.

Nach der Trinkwasser-Kalamität im Winter führte die Stadt Magdeburg im Sommer eine Sonderuntersuchung der Elbe von der Saalemündung bis Magdeburg-Prester durch. Die Probenahmestellen sind in Abb. 3 verzeichnet. Die Elbe wurde am 21. Juli, zur Zeit des außergewöhnlichen Niedrigwassers, am 28. Juli und am 4. August bei zwischenzeitlich wieder

deutlich gestiegenem Wasserstand untersucht (vgl. Abb. 2). An den beiden letztgenannten Terminen wurde auch die Saale beprobt. Da seit Beginn der 1880er-Jahre bekannt war, dass die Salzkonzentration der Elbe ab der Saalemündung bis einschließlich Magdeburg am linken und rechten Ufer in der Regel deutliche Unterschiede aufwies (KRAUT 1883), wurde dieser Elbeabschnitt jeweils am linken und rechten Ufer sowie in der Strommitte beprobt (Abb. 3).

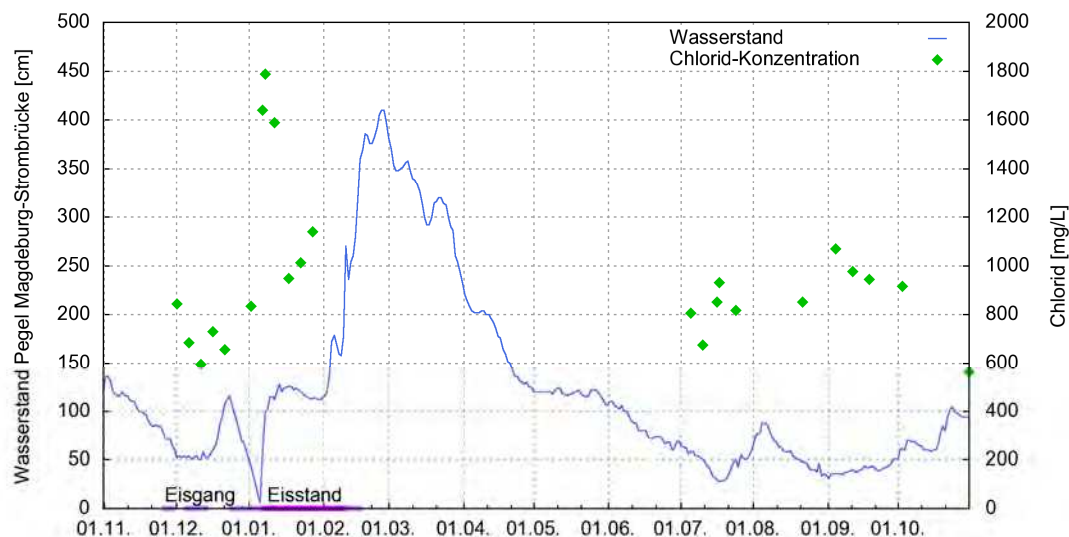


Abb. 2: Wasserstand am Pegel Magdeburg-Strombrücke und Chlorid-Konzentration der Elbe beim Wasserwerk Magdeburg-Buckau (linkes Ufer) im hydrologischen Jahr 1893 (nach Elbstrom-Bauverwaltung 1894 und PFEIFFER 1908, ergänzt nach BÖTTICHER 1892 und OEHLER 1894)

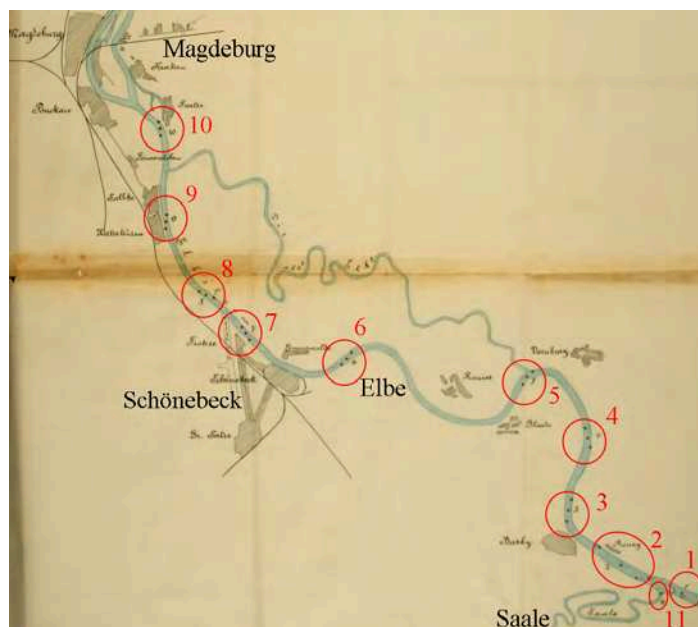


Abb. 3: Probestellen an Elbe und Saale im Juli/August 1893 (Plan: "Lauf der Elbe von Magdeburg bis zur Saalemündung", Landeshauptarchiv Sachsen-Anhalt, Abteilung Magdeburg, C 20 I Oberpräsident Magdeburg. Allgemeine Abteilung, Ib Nr. 2425 Bd. 1, Bl. 92; modifizierter Ausschnitt)

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abb. 4 wiederum bezogen auf Chlorid für den Termin mit dem niedrigsten (21. Juli) und dem höchsten Wasserstand der Elbe (4. August) dargestellt. Zur Zeit des ausgeprägten Niedrigwassers bewirkte der Saale-Einfluss insbesondere am linken Ufer eine deutlich erhöhte Chlorid-Konzentration der Elbe, ab Stelle Nr. 6 (bei Schönebeck) lag dann das gleiche Konzentrationsniveau am linkem und rechten Flussufer vor. Der Kurvenverlauf für den 4. August, linkes Ufer, zeigt unmittelbar unterhalb der Saalemündung eine wesentlich höhere Chlorid-Konzentration als am 21. Juli und ein gegenüber dem rechten Ufer bis Magdeburg höheres Chlorid-Konzentrationsniveau, sodass bis zum Ende der beprobten Fließstrecke eine nur unvollständige Durchmischung von Saale- und Elbewasser anzunehmen ist. Die Chlorid-Konzentration der Saale betrug am 4. August 3302 mg/L (Magistrat der Stadt Magdeburg 1893).

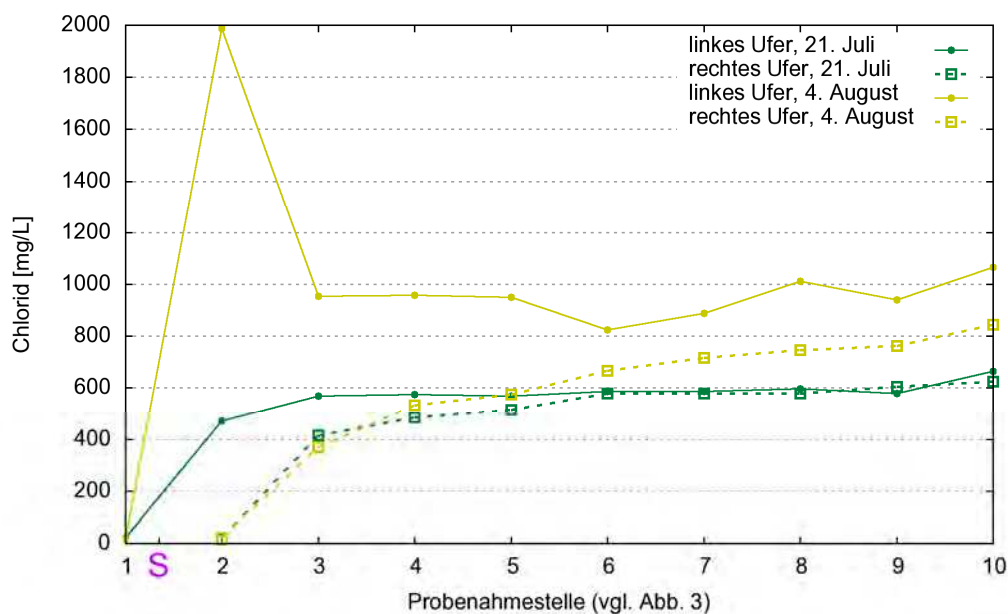


Abb. 4: Chlorid-Konzentration der Elbe ober- (Nr. 1) und unterhalb der Saalemündung (S) bis Magdeburg-Prester (Nr. 2-10) im Sommer 1893 (nach Magistrat der Stadt Magdeburg 1893)

Höhere Salzkonzentrationen am linken im Vergleich zum rechten Elbeufer stellen in Magdeburg bis heute den Normalfall dar. Auch beim Niedrigwasser 2003 wurde für das linke und rechte Stromufer in Magdeburg eine beträchtlich abweichende Chlorid-Konzentration ermittelt (20. August links: 470 mg/L / rechts: 160 mg/L) (ARGE Elbe 2005). Das am 21. Juli 1893 schon ab Schönebeck übereinstimmende Konzentrationsniveau zwischen linkem und rechtem Stromufer ist daher als Besonderheit anzusehen. Eine wesentliche Ursache dürfte sein, dass die vom sommerlichen Niedrigwasser besonders betroffene Saale im Verhältnis zur Elbe am Beprobungstermin unterproportional wenig Wasser führte, wie es eine am 19. Juli 1893 in Elbe und Saale durchgeführte Abflussmessung nahelegt (Elbstrom-Bauverwaltung 1894). An diesem Tag erreichte das Abflussverhältnis von Elbe (Pegel Magdeburg-Strombrücke) und Saale (Pegel Calbe-Grizelne) 10,5 : 1, während das Verhältnis des längjährigen mittleren Niedrigwassers ($MNQ_{1932-2011}$, nach Tageswerten der WSV) an den genannten Pegeln 5,2 : 1 beträgt.

3.2 Das Niedrigwasser 1904

Das Niedrigwasser im Sommer 1904 resultierte im Wesentlichen aus einem außergewöhnlich niederschlagsarmen Zeitraum von Mitte Mai bis Ende August in Verbindung mit überdurchschnittlichen Temperaturen (GRUNOW 1935). Die in Abb. 5 dargestellte Durchflusssituation zeigt, dass der gesamte Stromlauf betroffen war. Die minimale Wasserführung trat Ende August, an der unteren Mittelelbe bei Darchau am 1. September auf. Der in Abb. 5 vorgenommene direkte Vergleich zum Niedrigwasser 2003 verdeutlicht die weitaus stärkere Ausprägung des Niedrigwassers im Jahr 1904.

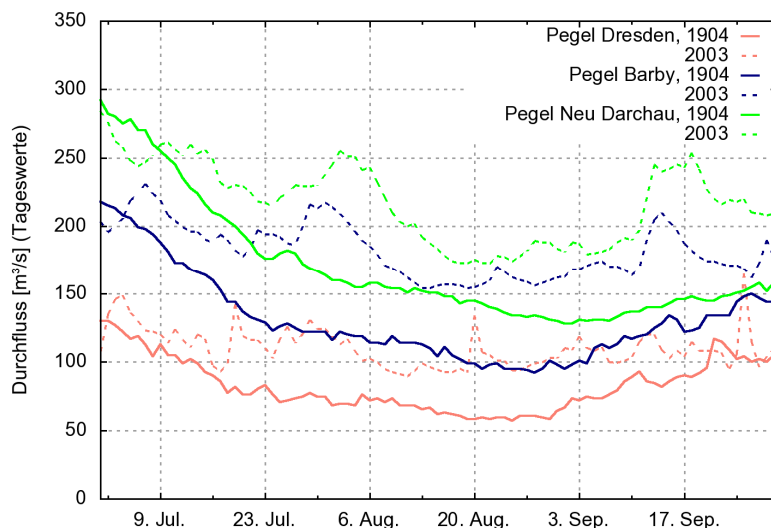


Abb. 5: Durchfluss an ausgewählten Elbe-Pegeln vom 1. Juli bis 30. September 1904 im Vergleich zur Durchflusssituation während des Niedrigwassers 2003 (nach Daten der WSV)

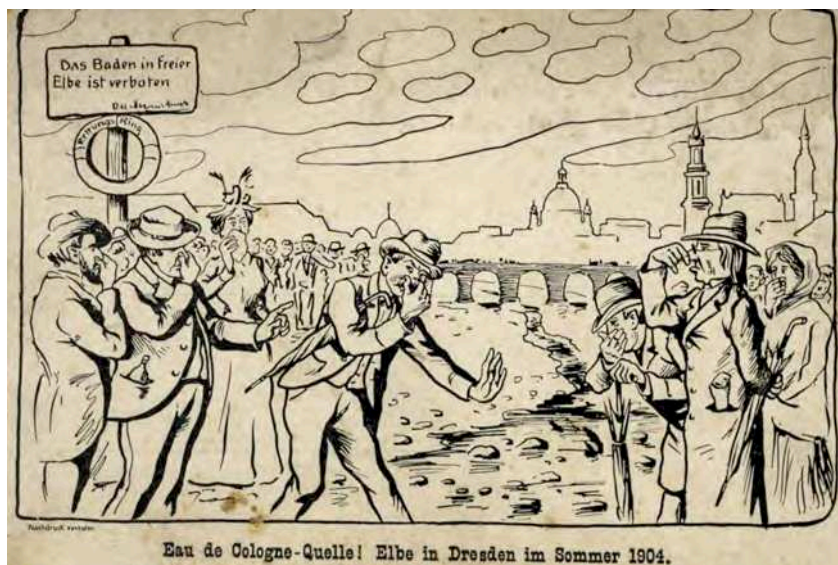


Abb. 6: Zeitgenössische Zeichnung zum Elbe-Niedrigwasser 1904 in Dresden (Quelle: Sammlung M. Deutsch)

Die Auswirkungen des Niedrigwassers wurden insbesondere in Dresden in zahlreichen Karikaturen thematisiert (Abb. 6). Dresden hatte 1904 noch keine Kläranlage. Die Folgen waren schon olfaktorisch deutlich wahrnehmbar.

Auch Messwerte belegen die anthropogene Beeinträchtigung der Wasserqualität der Elbe, die während des Niedrigwassers besonders zum Ausdruck kam. Im Rahmen der chemisch-biologischen Elbe-Untersuchungen von KOLKWITZ & EHRLICH (1907), die auf Veranlassung der Zuckerindustrie durchgeführt wurden, fand im August 1904 eine Längsbereisung der Elbe statt, von der einige Ergebnisse in Abb. 7 dargestellt sind. Der bei Dresden ermittelte besonders hohe Permanganat-Index deutet auf eine starke Belastung mit leicht abbaubaren organischen Substanzen (z. B. Fäkalien) hin. Auch im weiteren Stromverlauf wies das Elbewasser eine relativ hohe Oxidierbarkeit auf. Dennoch blieben die gemessenen Sauerstoff-Konzentrationen der Elbe durchweg oberhalb kritischer Werte. Wie in Abb. 7 deutlich zum Ausdruck kommt, führte der Zufluss der Saale zu einer sprunghaften starken Erhöhung der Salzkonzentration, die ab Magdeburg kontinuierlich abnahm.

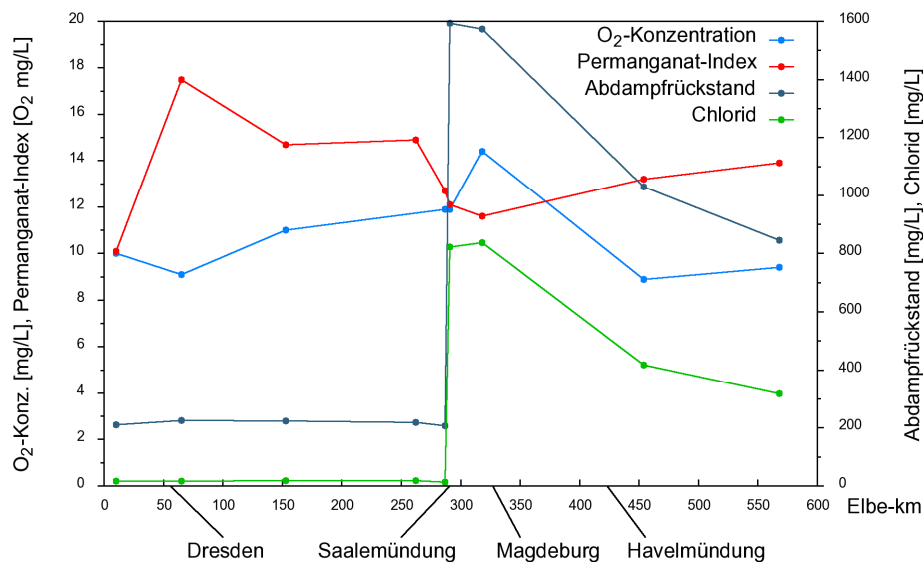


Abb. 7: Wasserbeschaffenheit der Elbe von Bad Schandau (Elbe-km 10) bis Lauenburg (Elbe-km 568) am 9.-17.08.1904 (je eine Probe; Raum Magdeburg nur Messwerte linkes Ufer dargestellt) (verändert aus HÜBNER & SCHWANDT 2010 nach KOLKWITZ & EHRLICH 1907)

In Magdeburg wurden im Jahr 1904 in etwa wöchentlichem Abstand Wasseranalysen der Elbe (linkes Ufer beim Wasserwerk Buckau) durchgeführt (Stadt Magdeburg 1904/1905). Die Monatsmittelwerte des Niedrigwassermonats August lagen für den Abdampfdruckstand, die Chlorid-Konzentration, die Wasserhärte und den Permanganat-Index jeweils im Spitzenbereich der Spannweite aller Monatsmittelwerte des Jahres (HÜBNER & SCHWANDT 2010). Dies verdeutlicht die erhöhte Belastung während des Niedrigwassers. Die Maxima der Terminwerte der vorgenannten vier Kenngrößen wurden jedoch im Oktober und damit außerhalb der extremen Niedrigwasserperiode registriert.

4 Resumee und Ausblick

Betrachtungen zu Auswirkungen extremer Hoch- oder Niedrigwasserereignisse auf die Wasserbeschaffenheit sind für die Elbe in einzelnen Fällen bereits ab dem 19. Jahrhundert möglich. Einige hydrochemische Kenngrößen können mit aktuellen Messungen direkt verglichen werden. Der verdünnende Effekt des Hochwassers auf die Wasserbeschaffenheit im Spiegel dieser Kenngrößen zeigte sich beim Frühjahrshochwasser 1881 und 2006 trotz unterschiedlicher Grundbelastung. Bei den beschriebenen Niedrigwasserereignissen von 1893 und 1904 traten bei besonders niedriger Wasserführung auch extreme Verhältnisse der Wasserbeschaffenheit auf. Anthropogen bedingte Einträge führten teilweise außerhalb der extremen Niedrigwasserperiode zu Belastungsspitzen einzelner Kenngrößen.

Um für zukünftige hydrologische Extremereignisse der Elbe Daten der Wasserbeschaffenheit mit optimierter räumlicher und zeitlicher Auflösung zu gewinnen, wurde im Rahmen der Flussgebietsgemeinschaft Elbe ein "Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe" aufgestellt.

Literatur / Quellen

- ARGE Elbe (Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe) (2005): Daten des ARGE-Elbe-Messprogramms für Magdeburg, linkes Ufer; allgemeine Gütemessgrößen, Einzelproben 2003. Stand: 03.03.2005, Hamburg
- ARGE Elbe (Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe) (2007): Daten des ARGE-Elbe-Messprogramms für Schmilka, rechtes Ufer; allgemeine Gütemessgrößen, Einzelproben 2006. Stand: 18.12.2007, Hamburg
- BISCHOF, G. (1854): Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. Bd. 2, Abt. 2, Bonn
- BÖTTICHER (1892): Schreiben des Magistrats der Stadt Magdeburg an das Kaiserliche Gesundheitsamt vom 15.12.1892 und 31.12.1892 betreffend die Verunreinigung des Elbwassers. Bundesarchiv: R86 Nr. 5691, Magdeburg
- Elbstrom-Bauverwaltung (1894): Hydrologischer Jahresbericht von der Elbe für 1893. Magdeburg
- FLECK, H. (1882): Ueber den Einfluss des Elbwassers auf die Zusammensetzung des Leitungswassers von Dresden. Jahresbericht der Königlichen chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden 10/11: 54-58, 2 Taf., Dresden
- GRUNOW, J. (1935): Die Wasserklemmen der Norddeutschen Ströme in den Jahren 1891-1930. Forschungen zur Deutschen Landes- und Volkskunde 31 (2), Stuttgart
- HÜBNER, G. & D. SCHWANDT (2010): Wasserbeschaffenheit bei extremem Niedrigwasser - eine Langzeitbetrachtung zur Elbe -. Poster zum Tag der Hydrologie 2010 (Braunschweig), Koblenz
- KOLKWITZ, R. & F. EHRLICH (1907): Chemisch-biologische Untersuchungen der Elbe und Saale. - Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin (9): 1-110, 4 Taf., Berlin

- LfUG (Landesamt für Umwelt und Geologie) Sachsen (2006): Chemisch-physikalische Analysedaten des Sondermessprogramms zum Frühjahrshochwasser 2006. Dresden
- KRAUT, K. (1883): Ueber die Veränderungen, welche das Elbwasser durch die Effluven der Staßfurter Industrie erleidet. Die chemische Industrie 6 (12): 365-370, Berlin
- Magistrat der Stadt Magdeburg (1893): Schreiben an den königlichen Regierungspräsidenten Graf von Baudissin vom 19. August 1893 (betreffend die Wasserversorgung der Stadt Magdeburg). LHASA, MD, C 20 I, Ib Nr. 2425 Bd. 1: 86-95, Magdeburg
- OEHLER (1894): Die Wasserversorgung. In: Magdeburg. Festschrift der 19. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. 53-88, Magdeburg
- OHLMÜLLER, W. (1896): Gutachten, betreffend die Verunreinigung der Saale zwischen Halle und Barby. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 12: 285-310, 3 Taf., Berlin
- PFEIFFER, O. (1908): Studien über Beschaffenheit und Bewegungserscheinungen des Elbwassers. Zeitschrift für die gesamte Wasserwirtschaft 3 (23, 24): 371-380, 391-399, Breslau
- PFEIFFER, O. (1923): Versalzung der Flußläufe im Hinblick auf die Trinkwasserversorgung. Das Gas- und Wasserfach 66 (2): 17-20, München
- ROSS, J.-H. (2008): Probenahme an Stollen - Entnahmepunkte und Schwebstoffeinfluss. Projektbericht im Auftrag des Landesbetriebs für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Breisach
- SCHWANDT, D. & G. HÜBNER (2012): Hoch- und Niedrigwasser im Fokus - die Informationsplattform "Undine". Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 56 (2): 87-89, Koblenz
- SCHWANDT, D., G. HÜBNER & E. CLAUS (2011): Die Wasserbeschaffenheit der Elbe bei extremem Hochwasser - eine Zeitreise. Poster zum Tag der Hydrologie 2011 (Wien), Koblenz
- Stadt Magdeburg (1904/1905): Bericht über die Verwaltung und den Stand der Gemeinde-Angelegenheiten der Stadt Magdeburg für die Zeit vom 1. April 1903 bis 31. März 1904 / vom 1. April 1904 bis 31. März 1905. Magdeburg
- ULE, W. (1895): Die Mansfelder Seen und die Vorgänge an denselben im Jahre 1892. Eisleben

Kontakt:

Dr. Gerd Hübner

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5010
Fax: 0261/ 1306 5363
E-Mail: huebner@bafg.de

1985-1989 / 1992-1994

Studium der Agrarwirtschaft (FH) / Studium der
Umweltsicherung an der Universität-GH Kassel

1990-1994

Angestellter in einem Ing.-Büro für Naturnahe
Abwasserklärverfahren

1995-1997 und 1999

Wissenschaftl. Angestellter der Alfred Toepfer
Akademie für Naturschutz (NNA), Schneverdingen

2001-2006

Wissenschaftl. Angestellter der Universität Kassel,
FG Gewässerökologie/Gewässerentwicklung

2007

Freiberuflicher Gewässerökologe

seit 2008

Wissenschaftl. Angestellter der Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Projektbearbeitung:

Informationsplattform Undine
(<http://undine.bafg.de>)

Kontakt:

Dr. Daniel Schwandt

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/ 1306 5479
Fax: 0261/ 1306 5363
E-Mail: schwandt@bafg.de

1991-1993 / 1994-1998

Studium der Biologie an der E.-M.-A.-Universität
Greifswald / Studium der Geoökologie an der Uni-
versität Potsdam

1998 / 1999

Mitarbeiter UMESA Potsdam, Boden- und Grund-
wassersanierung

2000-2003

Wissenschaftl. Mitarbeiter am Potsdam Institut für
Klimafolgenforschung

2004

Wissenschaftl. Mitarbeiter am Institut für Geoöko-
logie der Universität Potsdam

seit 2004

Wissenschaftl. Angestellter der Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Projektbearbeitung:

Informationsplattform Undine (Projektleitung)
(<http://undine.bafg.de>)

Aufbau des Sediment- und Bodenkatasters der
WSV (Projektleitung)

Leben mit dem Hochwasser und der Hochwasserschutzanlage – Dokumentation und Bewusstseinsbildung im Deichinformationszentrum Neuwied

Francisco Romero

1 Vorgeschichte

Seit 80 Jahren bietet das Hochwasserschutzsystem der Neuwieder Innenstadt-Bevölkerung Schutz vor den Hochwassergefahren. Der Hochwasserschutzanlage verdankt die Stadt Neuwied ihre Entwicklung und ihre heutige Gestalt.

Die Kreisstadt Neuwied liegt am Rhein ca. 10 Kilometer nordwestlich von Koblenz an der Mündung der Wied. In der Stadt Neuwied, welche heute mit der Innenstadt aus 13 Stadtteilen besteht, leben derzeit ca. 70.000 Einwohner.



Abb. 1: Der Rhein bei Niedrigwasser Mai 1994
Pegel Neuwied 1,20m
(Bildquelle: Wolfgang Scheiterer)



Abb. 2: Der Rhein bei Hochwasser Dez. 1993
Pegel Neuwied 10,28 m
(Bildquelle: Wolfgang Scheiterer)

Die Stadt Neuwied wurde bis zur Erstellung der Hochwasserschutzanlage alle 3-4 Jahre vom Rhein überschwemmt. Vorhandene Aufzeichnungen berichten, dass von 1784 bis 1876, also in weniger als 100 Jahren, die Stadt 11 große Hochwässer über sich ergehen lassen musste. Große Hochwässer, vor allem in der Frühen Neuzeit 1683, 1741, 1784 etc. verhinderten mit verheerenden Folgen die Entwicklung des in einem Altrheinarm gelegenen früheren Langendorf, woraus in der Folge die Stadt Neuwied entstand, nachdem 1653 dem Grafen Friedrich III. von Wied das Privileg zur Gründung der Stadt Neuwied erteilt wurde.

Früher gab es vor allem viele Eishochwässer, die eine sehr hohe zerstörerische Kraft hatten. Die Stadt wurde nicht nur vom Rhein her überschwemmt, sondern auch durch die Fluten eines sonst trockenen Nebenarms des Rheins, der so genannten „Schleidt“, die bei Hochwasser gefährlich anschwell und auch von der rückwärtigen Seite aus das Hochwasser in die Stadt führte. Der Altrheinarm führte durch das südlich von Neuwied gelegene Engerser Feld in die Stadt und schloss die Stadt bei Hochwasser von zwei Seiten ein. In Hochwasserzeiten kam das Rheinwasser also von zwei Seiten aus in die Stadt.

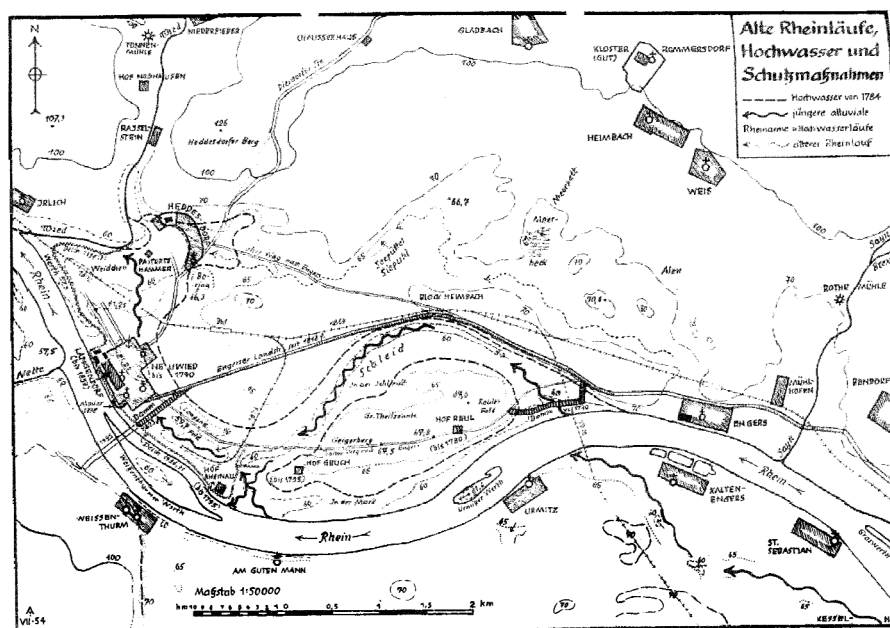


Abb. 3: 1653 Gründung der Stadt Neuwied in einem alten Rheinarm der „Schleidt“
(Bildquelle: Albert Meinhardt; Von „großen Hochwässern“ in Alt-Wied 1955)

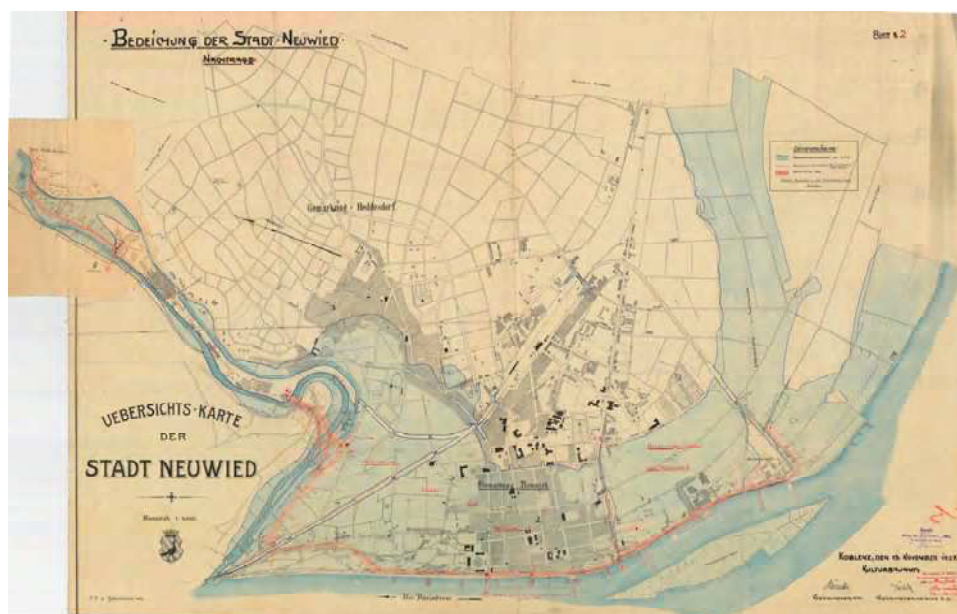


Abb. 4: Überschwemmungsgebiet Neuwied Hochwasser 1926
(Bildquelle: Stadt Neuwied Deichamt)

Das größte, historisch bekannte Hochwasser, eben eines dieser Eishochwässer, wird aus dem Jahr 1784 (ca. 11,50 m Pegel Neuwied) gemeldet. Damals setzten Rhein und Wied die gesamte damalige Stadt unter Wasser, meterdicke Eisschollen prallten gegen die Häuser.

Früher gab es relativ lange hochwasserfreie Zeiten, z. B. zwischen den Jahren 1683/1709/1741/1784/1819 und 1882, durch die das Hochwasser und dessen Zerstörung immer wieder in Vergessenheit geriet.

Nach 1882 trat eine fast 40-jährige relativ ruhige Pause ein. Jedoch brachte dann der Zeitraum von 1919 bis 1930 wiederum 6 große Hochwasserkatastrophen. Alle diese Hochwässer fügten der Stadt ungeheure Schäden zu. Allein das Hochwasser um die Jahreswende 1925/26 verursachte einen Gesamtschaden von rund 4-5 Millionen Mark. Wesentliche Teile der verkehrsreichen Stadt wurden vollkommen überflutet. Mehr als 1000 Wohnungen und mehr als 200 Geschäfte standen unter Wasser. Auf dem Luisenplatz, mitten in der Stadt, stand das Wasser mehrere Meter hoch. Dadurch brach jedes Wirtschaftsleben in Neuwied zusammen.

In einer Zeit fortschreitender Technik erschien es ausgeschlossen, einen Zustand bestehen zu lassen, der eine Stadt von größerer wirtschaftlicher Bedeutung immer wieder unter Wasser setzte. Staat und Stadt konnten sich auf Dauer der energischen Forderung aus der Bevölkerung auf Abhilfe nicht mehr widersetzen. Der damalige Bürgermeister Krups setzte sich nachhaltig dafür ein, mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln der Technik einen Hochwasserschutzdeich zu bauen, der die Stadt künftig vor ähnlichen Katastrophen schützen sollte. Das Kulturbauamt Koblenz erhielt 1926 den Auftrag, mit dem Stadtbauamt Neuwied die Eindeichung Neuwieds zu planen. Die zu dieser Zeit herrschende große Arbeitslosigkeit mag die amtliche Entschlussfreudigkeit wohl mit beflügelt haben. Der Bau selbst wurde 1928 begonnen und nach 3-jähriger Bauzeit 1931 beendet.



Abb. 5: Hochwasser 1926 Marktstraße
Pegel Neuwied 10,22m
(Bildquelle: Stadtarchiv Neuwied)



Abb. 6: Hochwasser 1926 Marktstraße/Luisenplatz
(Bildquelle: Stadtarchiv Neuwied)

2 Der Deichbau und der Deich heute

Der Deich schützt die Stadt Neuwied sowohl gegen den Rhein als auch gegen die Wied. Da die Deichkrone überall 1 m über dem bis damals höchsten bekannten Hochwasser von 1926 liegt, ergeben sich Deichhöhen bis zu 5 m über Gelände.

Der Deich, oft nur als die von der Kernstadt aus Platzgründen errichtete 5 m hohe Deichmauer mit dem Promenadenweg, dem auffälligsten Bauwerk wahrgenommen, ist in Wirklichkeit ein komplexes, 7,5 km langes Schutzsystem, wovon ca. 500 m als Deichmauer im Bereich der Innenstadt, der restliche Teil als Erddeich mit Tonkern ausgebildet ist. An der Wied entlang wurde teilweise eine vorhandene Ufermauer erhöht, um einen umfassenden Schutz der Stadt gegen Rhein und Wied zu erreichen.

Der Deich beginnt im Stadtteil Engers, 5 km stromaufwärts von der Kernstadt, als Verschluss der ehemaligen Flutmulde (Altrheinarm) im Engerser Feld und endet an der Wied rd. 3 km oberhalb der Wiedmündung. Bereits Anfang des 18. Jahrhunderts ist ein erster Deichbau im Bereich des Altrheinarms zum Schutz der Felder im Engerser Feld, später auch zum Schutz der Stadt Neuwied verzeichnet. Das Engerser Feld ist heute eines der bedeutendsten Trinkwasserschutzgebiete im nördlichen Rheinland-Pfalz.

Zu den bedeutendsten Baumaßnahmen der Hochwasserschutzanlage zählen die Umlegung des Wiedverlaufes zur Verkürzung der Deichtrasse mit Wehranlagen sowie der Bau der Deichmauer auf dem weichen Untergrund mit einer aufwändigen Betonpfahlgründung sowie deren architektonischen Gestaltung. Der Bau der Hochwasserpumpwerke zur Ableitung des Regenwassers, Abwassers und Grundwassers mit dem Umbau der Kanalisation für die Binnenentwässerung bei Hochwasser ist ein wichtiger Baustein im Hochwasserschutzsystem.



Abb. 7: Bau der Deichmauer
(Bildquelle: Stadtarchiv Neuwied)

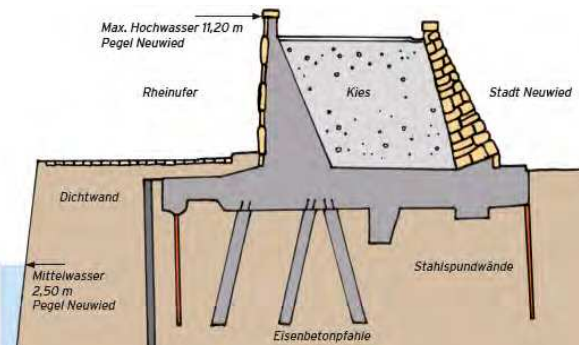


Abb. 8: Deichmauer Regelquerschnitt mit 1985 errichteter Dichtwand

Der Deichbau war für die damalige Zeit eine große ingenieurtechnische Herausforderung. Insgesamt 2450 Arbeiter gingen hier ans Werk. Alle Bäume am gesamten Rheinufer mussten gefällt werden, etliche Häuser standen dem Deich „im Weg“. Sie wurden gesprengt und abgerissen. Riesige Mengen Tonerde, Lehm, Kies, Steine, Beton, Zement und Eisen wurden für den Deich verbaut. Am Deichbau beteiligt waren 25 Bau- und 90 Lieferfirmen. Drei Jahre lang dauerten die Arbeiten. Im Oktober 1931 war das Bauwerk fertig – ein wichtiger Meilenstein in der Geschichte der Entwicklung der „Stadt an Rhein und Wied“. Seit dieser Zeit führt Neuwied auch den Beinamen „Deichstadt“. Die Deichanlage mit ihrem Pegelturm ist neben der für die Expansion der Stadt ebenso wichtigen Rheinbrücke längst zum Wahrzeichen geworden.

Technische Eckdaten der Hochwasserschutzanlage:

- > **Schutzmarke: 11,20 m (Pegel Neuwied)**
(d. h. 1 m über Hochwasserstand 1926 und 1993, Schutzniveau ca. HQ₁₀₀)
- > **6 größere Deichtore**
(Kappelstraße, Pfarrstraße, Mittelstraße, Schloßstraße, B 42 + Rasselstein)
- > **2 Quertore**
(Sandkaulerweg, als größter der Deichverschlüsse, + Dammstraße)
- > **3 Polder mit Hochwasserpumpwerken**
(Schloßstraße, Kappelstraße, Rasselstein)
- > **ca. 7 km langer Erddeich** (mit einem Tonkern)
davon **1.300 m Ufermauer an der Wied**
- > **500 m lange und 5,00 m hohe Deichmauer**
(Kern: Stahlbeton auf Rammpfählen)
- > **Pegelturm mit Messeinrichtungen**
- > **Die Baukosten betrugen ca. 7,7 Millionen RM (heute rd. 37 Mio. €).**
(6 Mio. RM Provinz- u. Reichsregierung + 1,7 Mio. RM Stadt Neuwied)

Seit Fertigstellung des Deiches hat das Deichsystem bei über 80 Hochwässern unterschiedlicher Höhe die Stadt Neuwied vor hohen Schäden bewahrt. Der Stadt Neuwied, ihren Bürgern und den Geschäftsleuten in der Innenstadt ist durch den Schutz des Deiches seit seiner Fertigstellung ein wirtschaftlicher Schaden von fast einer Milliarde Euro erspart geblieben. Wegen seiner Verdienste setzten die „Deichstädter“ dem damaligen Bürgermeister Robert Krups 1985 ein Denkmal. Die Bronzestatue des Bürgermeisters ziert die Promenade auf der Deichmauer.

Die größte Bewährungsprobe bestand die Hochwasserschutzanlage bislang während des Hochwassers vom 21.12.1993 bis 08.01.1994. Der Höchststand wurde am 23.12.1993 mit 10,28 m Pegel Neuwied (ca. 0,90 m unter der Deichkrone) festgestellt, er war damit noch 6 cm höher als der extreme Hochwasserstand vom 01.01.1926 (zwei Jahre vor dem Deichbau) mit dem Höchststand von 10,22 m am Pegel Neuwied.



Abb. 9: Bürgermeister-Robert-Krups-Denkmal auf der Deichmauer Wahrzeichen von Neuwied, Pegelturm und Rheinbrücke
(Fotos: Förderverein Neuwieder Deich e. V.)



Abb. 10: Deichmauer, Ansicht wasserseitig

3 Das Deichinformationszentrum der Stadt Neuwied



Abb. 11: Das Deichinformationszentrum Neuwied auf der Deichpromenade im Hochwasserpumpwerk Schlossstraße
(Fotos: Förderverein Neuwieder Deich e. V.)

Gründung des Fördervereins Neuwieder Deich e. V. und Errichtung des Deichinformationszentrums

Errichtet wurde das Deichinformationszentrum vom Förderverein „Neuwieder Deich e. V.“, der im Jahre 2005 gegründet wurde und sich zum Ziel gesetzt hat, mit dem Bau und dem Betrieb des Deichinformationszentrums einen wesentlichen Beitrag zum Schutz vor Hochwasserfolgen für die Stadt Neuwied zu leisten und das Wissen über dieses komplexe Schutzsystem ständig der Nachwelt zur Verfügung zu halten. Das Logo des Fördervereins mit der Zahl 11,20 stellt die höchste Wasserstandsmarke in Metern dar, bis zu der die Stadt Neuwied geschützt ist und somit die Bewusstseinsbildung, dass der Schutz der Anlage endlich ist.

Zahlreiche Neuwieder Bürger unterstützen mit Dokumenten, Fotos und Zeitzeugenberichten das Deichinformationszentrum. Viele am Ausbau beteiligte Handwerksfirmen haben teilweise oder ganz auf ihre Bezahlung verzichtet, etliche Sponsoren fördern das Projekt: „Der Deich verbindet die Menschen“.

Offiziell eröffnet wurde das Neuwieder Deichinformationszentrum mit einem Festakt zum 75. Geburtstag des Deiches am 7. Oktober 2006.

Das Deichinformationszentrum soll das Hochwasserschutzsystem der Stadt Neuwied sowohl den Besuchern als auch der eigenen Bevölkerung nahe bringen, um einen wesentlichen Beitrag zur Hochwassersicherheit zu leisten und das Bewusstsein für die Hochwassergefahren zu sensibilisieren.

Es ist zugleich Museum und ständige Informationsquelle für alle interessierten Bürger, Besucher und Schulen. Das Deichinformationszentrum befindet sich an exponierter Stelle am Ende des Deichpromadenweges im Gebäude eines Hochwasserpumpwerkes. Es bietet mit seinen 24 m² genügend Raum, um das Thema Hochwasser kompakt und ansprechend für Besucher darzustellen.

Mit neuester Technik werden die Informationen wiedergegeben. So kommen neben Touchscreens auch Audio- und Videotechnik zum Einsatz. Es wird das System und die Funktion des Deiches erläutert und es zeigt viele Fotos und Dokumente aus der Zeit vor dem Deich und des Deichbaus. Viele der Darstellungen sind interaktiv – die Besucher können so nicht nur schauen, sondern auch Hochwasserszenarien simulieren und dadurch einen ganz anderen Bezug zur Schutzfunktion des Deiches erhalten. Auch die umfangreiche Technik der Hochwasserpumpwerke und Näheres zur Deichkonstruktion können interessierte Gruppen bei Besichtigungen des Hochwasserschutzdeiches und bei Führungen erfahren. Das Deichinformationszentrum informiert aber nicht allein, sondern wirbt auch touristisch für Neuwied. Schließlich gibt es in dieser Form kein zweites Bauwerk entlang des Rheins.



Abb. 12: Deichinformationszentrum Innenraum (Foto: Förderverein Neuwieder Deich e. V.)

Das Deichinformationszentrum ist in fünf Themenblöcke gegliedert:

1. „(Rh)einblicke“: Auf einem Monitor, der von außerhalb des Gebäudes sichtbar wird, werden Pegelentwicklung und Wasserstandsdaten angezeigt und die wichtigsten Schritte und Funktionen im Hochwasserfall verdeutlicht.
2. Die großen Hochwässer: „Wasser-Würfel“ zeigen Eindrücke der großen Hochwässer vor dem Deichbau. Sie tragen Datum und Pegelstände mit Fotos und Zeitungsausschnitten.
3. Interaktive Karten (Luftbilder) von Neuwied und Rhein: Eine interaktive Karte zeigt die verschiedenen Deichabschnitte. Besucher können hier unterschiedliche Hochwasserstände simulieren. Dabei wird das Schließen der Deichtore ebenso angezeigt wie vergleichsweise die Situation ohne den Deich.
4. Interaktive Infowand „Wenn der R(h)ein kommt“ – Maßnahmen im Hochwasserfall: Wer ist bei einem Hochwasser im Einsatz, wer macht was, um die Stadt vor den Fluten zu schützen? Auf einer großen Infowand wird der Einsatz im Hochwasserfall demonstriert. Während das Schließen der Deichtore bei Hochwasser (nach einem festen Einsatzplan von der Schaltwarte der Stadtwerke gesteuert und von der Neuwieder Feuerwehr durchgeführt) jeweils unter den Augen der Neuwieder Bevölkerung stattfindet, werden im Hintergrund eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt, die unbemerkt von den Blicken der Öffentlichkeit sicherstellen, dass die Kernstadt weiterhin der lebendig pulsierende Mittelpunkt der gesamten Stadt bleibt.

5. R(h)einsichten – Der Fluss und sein Einzugsgebiet – Ursachen, Wirkungen und Maßnahmen: Eine große Karte des gesamten Rheineinzugsgebietes mit der Lage von Neuwied gibt über eine Multimedia-Anwendung Antworten auf Fragen rund um Hochwasser und Hochwasserschutz.



Abb. 13: Interaktive Rheinkarte



Abb. 14: Pegelwand und Rheinkarte

(Fotos: Förderverein Neuwieder Deich e. V.)

4 Öffentlichkeitsarbeit

Der Förderverein Neuwieder Deich e. V. fördert mit weiteren Projekten das Bewusstsein für die Hochwassergefahren und die Hochwasservorsorge.

Der Förderverein verleiht den so genannten Deichförderpreis an Personen oder Organisationen die sich um den Hochwasserschutz in der Stadt Neuwied verdient gemacht haben. Im Jahre 2007 wurde der Deichförderpreis an die Feuerwehr Neuwied verliehen.

Internet

Ergänzt wird die Informationsmöglichkeit der Bürger durch einen Internetauftritt. Unter www.deichinfo.de können sich die Bürger dort weitere Informationen einholen, u. a. auch über den angezeigten Pegel Neuwied.

Die Internetinformationsseiten enthalten neben vielen historischen Bildern über die Zeit vor und während des Deichbaus viele aktuelle Informationen über das Deichsystem und das Deichinformationszentrum.

Des Weiteren sind Informationen für die vom Hochwasser betroffenen Bürger in der Innenstadt, Heddesdorf (Deichschutzgebiete) und den nicht geschützten Stadtteilen Engers, Irlich und Fahr enthalten, ebenso wie der Link auf die Seite des amtlichen Hochwassermelddienstes des Landes Rheinland-Pfalz unter www.hochwasser.rlp.de, wo auch die Daten des Pegels Neuwied aufgeführt werden. Im Hochwasserfall wird die Hochwasserprognose für den Pegel Neuwied auf der Grundlage der offiziellen Prognose des Hochwassermelddienstes in den Internetseiten des Deichinformationszentrums veröffentlicht.

Das Sponsoringprojekt Deichstadtweg

Um ein Stück Neuwieder Geschichte zu erfahren und erwandern, wurde 2011 der Neuwieder Deichstadtweg vom Förderverein Neuwieder Deich e. V. realisiert. Der Deichstadtweg gibt den Besuchern auf 15 km einen facettenreichen Überblick über das Leben vor und hinter dem

Neuwieder Deich. An 22 Erlebnisstationen entlang des Deichstadtwegs, die mit Stelen und Schautafeln ausgestattet sind, werden die wichtigsten Wahrzeichen und die Besonderheiten des Lebens am Wasser, das nicht nur die Stadt, sondern auch die Menschen in Neuwied geprägt hat, vorgestellt. Schwerpunkt der Thematik des Deichstadtwegs ist das Leben am und mit dem Wasser, weshalb die Wegführung und der Inhalt der Beschilderung sich entlang des Rheins bewegen. Weiteren Informationen zum Deichstadtweg sind auch im Internet unter www.deichstadtweg.de verfügbar.



Abb. 15:
Projekt der Öffentlichkeitsarbeit:
Deichstadtweg (Foto: Förderverein
Neuwieder Deich e. V.)



Abb. 16:
Hochwasserinformation für die Stadt-
teile Fahr und Irlich (Fotos: Förder-
verein Neuwieder Deich e. V.)

5 Zusammenfassung

Die Kreisstadt Neuwied liegt am Rhein ca. 10 Kilometer nordwestlich von Koblenz an der Mündung der Wied. Seit 80 Jahren bietet das Hochwasserschutzsystem der Neuwieder Innenstadt-Bevölkerung Schutz vor den Hochwassergefahren. Der Hochwasserschutzanlage verdankt die Stadt Neuwied ihre Entwicklung und ihre heutige Gestalt.

Die Stadt Neuwied wurde bis zur Erstellung der Hochwasserschutzanlage aufgrund ihrer Lage alle 3-4 Jahre vom Rhein überschwemmt. Das Hochwasser im Jahre 1926, mit sehr hohen Schäden, gab letztendlich den Ausschlag zum Bau einer 7,5 km langen Hochwasserschutzanlage.

Der Bau selbst wurde 1928 begonnen und nach 3jähriger Bauzeit 1931 beendet.

Das markanteste Bauwerk der Anlage stellt die in der Innenstadt am Rheinufer errichtete 5 m hohe und 500 m lange Deichmauer mit einem Promenadenweg dar. Das Schutzniveau der Deichanlage liegt bei HQ₁₀₀.

Im Jahre 2006 wurde das Deichinformationszentrum vom Förderverein „Neuwieder Deich e. V.“, errichtet, der im Jahre 2005 gegründet wurde und sich zum Ziel gesetzt hat, mit dem Bau und dem Betrieb des Deichinformationszentrums einen wesentlichen Beitrag zum Schutz vor Hochwasserfolgen für die Stadt Neuwied zu leisten und das Wissen über dieses komplexe Schutzsystem ständig der Nachwelt zur Verfügung zu halten.

Der Förderverein Neuwieder Deich e. V. fördert mit Öffentlichkeitsprojekten das Bewusstsein für die Hochwassergefahren und die Hochwasservorsorge.



Kontakt:
Francisco Romero

Servicebetriebe Neuwied AöR
Geschäftsfeld 2.3 Deichamt
Hafenstraße 90
56564 Neuwied
Tel.: 02631/ 85 4570
Fax: 02631/ 85 1593
E-Mail: f.romero@swn-neuwied.de

Jahrgang: 1962

1982-1987

Studium Bauingenieurwesen an der
Fachhochschule Köln

1987-2005

BjörnSEN Beratende Ingenieure, Koblenz

seit 2005:

Servicebetriebe Neuwied AöR...
Geschäftsfeldleiter Deichamt/Hochwasserschutz

seit 2010:

Geschäftsführer vom Förderverein
Neuwieder Deich e. V.

In der Reihe BfG-Veranstaltungen sind bisher u. a. erschienen:

1/2006	Gewässerkundliche Untersuchungen für verkehrliche und wasserwirtschaftliche Planungen an Bundeswasserstraßen
2/2006	Wasserstands- und Abflussvorhersagen im Elbegebiet
3/2006	Niederschlag-Abfluss-Modellierung zur Verlängerung des Vorhersagezeitraumes operationeller Wasserstands- und Abflussvorhersagen
4/2006	Radiologische Untersuchungen an Bundeswasserstraßen als Teil der radiologischen Umweltüberwachung
5/2006	Messkonzepte und Modellierung in der Gewässermorphologie
1/2007	Höhenmessungen mit GPS – Status quo und Entwicklungstendenzen
2/2007	Röhricht an Bundeswasserstraßen (im norddeutschen Raum)
1/2008	Neue Wege der Schadstoffbekämpfung
2/2008	Ultraschall in der Hydrometrie: neue Technik – neuer Nutzen?
3/2008	Effektive und qualitätsgesicherte Abwicklung von Sediment-/Baggergutuntersuchungen in der WSV
4/2008	Saisonale Vorhersagesysteme in Meteorologie und Hydrologie
5/2008	Umweltaspekte des Einsatzes von industriell hergestellten Wasserbausteinen in Bundeswasserstraßen
6/2008	Wasserbewirtschaftung und Niedrigwasser
1/2009	Wasserstandsinformationsdienste der BfG für die Bundeswasserstraßen
2/2009	Sediment Contact Tests. Reference conditions, control sediments, toxicity thresholds
3/2009	Sedimentologische Prozesse – Analyse, Beschreibung, Modellierung
4/2009	Ingenieurvermessung im Bauwesen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
5/2009	Verfahren der ökotoxikologischen (Risiko-) Bewertung in der Umweltsicherung
6/2009	Softwarelösungen für ein integriertes Hochwassermanagement
7/2009	Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt
1/2010	Flusssysteme in Raum und Zeit
2/2010	Berücksichtigung verkehrs- und bautechnischer Emissionen und Immissionen in Umweltverträglichkeitsprüfungen
3/2010	Pathogene Vibrionen in der marinen Umwelt
4/2010	Riskobewertung stofflicher Belastungen
5/2010	Screeningverfahren zur Erfassung endokriner Wirkungen in der aquatischen Umwelt
1/2011	Erfassung und Bewertung des hydromorphologischen Zustands in Wasserstraßen
2/2011	Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen
3/2011	Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV
4/2011	EurAqua Symposium Impact of climate change on water resources – 200 years hydrology in Europe – a European perspective in a changing world
5/2011	Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit
1/2012	Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten
2/2012	Überregionale Wasserbewirtschaftung – Entwicklung und Einsatz eines Informationssystems und verschiedener Modelle
3/2012	Dynamik des Sedimenthaushaltes von Wasserstraßen
4/2012	Pathogenic <i>Vibrio</i> spp. in Northern European Waters
5/2012	Baumaterialien und Oberflächengewässer
6/2012	Hydro-ökologische Modellierungen und ihre Anwendungen
7/2012	Monitoring, Funktionskontrollen und Qualitätssicherung an Fischaufstiegsanlagen. 2. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen